ОКУНЕВ

КРАТК. РУК-ВО
ТЕОРИИ
КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО

ТЕОРІИ КОРАБЛЕСТРОЕНІЯ.

Составленное для Гардемаринъ Морскаго Кадетскаго Корпуса Корабельнымъ-Инженеромъ Штабсъ-Капитаномъ Окуневымъ.

С. ПЕТЕРБУРГЪ

При Морскомъ Кадетскомъ Корпусѣ

1841 Года.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО

ТЕОРІИ КОРАБЛЕСТРОЕНІЯ.

ВВЕДЕНІЕ.

§ 1. Первое предназначеніе всѣхъ мореходныхъ судовъ, для какого бы они намѣренія ни строились, есть то, чтобъ они способны были плавать по водамъ. Сему главному условію должны быть подчинены всѣ прочія, коихъ можетъ требовать особенный родъ службы для которой судно назначается. Вода есть основаніе на которомъ держатся сіи движущіяся зданія; она, будучи взволнована, колеблетъ ихъ и силится разрушить; она сопротивляется ихъ движенію и увлекаетъ ихъ съ собою, когда течетъ въ нѣкоторую сторону. И потому, чтобы установить главныя правила строенія и правленія кораблей и опредѣлить образованіе поверхности ихъ, нужно знать какое дѣйствіе производитъ вода на тѣла въ нее погруженныя.

§ 2. Дѣйствіе это бываетъ различное, смотря по состоянію воды и самаго корабля; оно зависитъ отъ образованія подводной части, отъ надлежащей величины мачтъ и парусовъ и отъ приличнаго ихъ расположенія, наконецъ отъ самаго управленія кораблемъ въ морѣ. Теорія кораблестроенія разсматриваетъ всѣ сіи предметы, слѣдитъ за

всевозможными обстоятельствами корабля въ морѣ и изъ того выводитъ правила кораблестроенія.

§ 3. Полную теорію кораблестроенія можно раздѣлить на *три главныя части*.

Первая. Теорія образованія корабля. Цѣль ея изслѣдованій состояніе корабля въ морѣ, въ покоѣ и въ движеніи, изъ коихъ выводитъ законы, по которымъ силы вѣтра и воды дѣйствуютъ на корабль. Силы сіи или способствуютъ цѣли плаванія, или препятствуютъ оной и производятъ въ кораблѣ пороки. Разсматривая силы дѣйствующія на корабль находимъ качества, безъ которыхъ онъ становится неспособнымъ для моря. Опредѣлить образованіе наружной поверхности корабля, удовлетворяющее каждому качеству въ особенности и найти средства совмѣстить всѣ качества въ кораблѣ, по возможности, въ самой высокой степени, составляетъ предметъ первой части теоріи кораблестроенія.

Вторая. Теорія кораблеправленія разсматриваетъ различныя состоянія корабля въ морѣ и выводитъ изъ того законы нагрузки, оснастки и опарусованія, опредѣляя надлежащее ихъ расположеніе и величину, удовлетворяющія условіямъ качествъ.

Третія. Теорія кораблестроенія имѣетъ предметомъ своихъ изслѣдованій корабль, какъ тѣло, состоящее изъ множества кусковъ дерева и желѣза, и показываетъ правила соединять ихъ въ одно цѣлое, могущее сопротивляться дѣйствію разрушающихъ силъ.

Предметъ нашихъ изслѣдованій будутъ составлять двѣ первыя части, а третія, яснѣе можетъ быть изложена въ практикѣ кораблестроенія.

О КАЧЕСТВАХЪ КОРАБЛЯ.

§ 4. Мореплаватели долговременными наблюденіями и опытами нашли нѣкоторыя необходимыя условія для доставленія судну удобнаго и безопаснаго плаванія. Они состоятъ въ качествахъ, которыя всякое мореходное судно имѣть *должно*. Качества сіи суть:

1) *Вмѣстительность*, т. е. чтобы корабль, плавая, носилъ опредѣленный грузъ или вмѣщалъ все, что нужно для удобнаго и безопаснаго плаванія.

2) *Остойчивость*, т. е. чтобы корабль сохранялъ на водѣ нѣкоторое опредѣленное положеніе, и стремился всегда придти въ оное, если какая либо посторонняя сила уклоняетъ его отъ онаго.

3) Чтобы корабль отъ дѣйствія движущей силы получалъ наибольшую скорость.

4) Чтобы корабль имѣлъ, по возможности, малый дрейфъ, т. е. когда принужденъ будетъ идти косвеннымъ путемъ, то шелъ бы по направленію, составляющему съ килемъ какъ можно меньшій уголъ.

5) Чтобы корабль съ легкостію вращался вокругъ вертикальной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести, или какъ говорятъ мореплаватели хорошо слушался руля и парусовъ.

6) Чтобы корабль на морѣ взволнованномъ легко восходилъ на валы и имѣлъ качку легкую, плавную и неразмашистую.

7) Чтобы корабль имѣлъ крѣпость достаточную для противодѣйствія силамъ, стремящимся его разрушить.

ГЛАВА I.

О ВМѢСТИТЕЛЬНОСТИ КОРАБЛЯ.

§ 5. Всякое мореходное судно, строющееся для какого либо намѣренія, должно вмѣщать и возить въ отдаленныя страны всѣ необходимыя для сего намѣренія вещи. Напримѣръ, военный корабль долженъ имѣть опредѣленное число пушекъ, къ нимъ порохъ, ядра и другіе артиллерійскіе снаряды, соразмѣрное числу пушекъ число людей съ ихъ экипажемъ, на четыре или на 6ть мѣсяцовъ провизіи, на два или на три мѣсяца воды, гребныя суда, якори съ канатами, мачты, стеньги, паруса со снастями имъ принадлежащими, запасный такелажъ и проч. Весь этотъ грузъ вмѣстѣ съ вѣсомъ корабельнаго кузова составляетъ полный вѣсъ корабля, который равняется вѣсу выдавленной имъ воды.

§ 6. Хотя истина сія и явствуетъ изъ законовъ гидростатики, но доказательство ея, непосредственно надъ кораблемъ не будетъ излишне.

Положивъ что корабль стоитъ неподвижно въ тихой водѣ, вообразимъ, что вся поверхность подводной его части раздѣлена на малѣйшія частицы. Вертикальное давленіе в каждую изъ таковыхъ частицъ измѣряется вѣсомъ водянаго столбца, могущаго стать вертикально надъ сею частицею вровень съ горизонтомъ воды; то сумма вертикальныхъ давленій на всѣ частицы, т. е. производная сила вертикальныхъ давленій воды на все погруженное

дно корабля, измѣряется вѣсомъ всѣхъ вертикальныхъ столбцовъ, а всѣ сіи столбцы составляютъ водоизмѣщеніе, т. е. вѣсъ выдавленной кораблемъ воды, слѣдовательно производная сила вертикальныхъ давленій воды на дно корабля равняется вѣсу выдавленной имъ воды. Но сія производная сила вертикальныхъ явленій необходимо равна вѣсу всего корабля, ибо безъ того не можетъ онъ пребывать въ равновѣсіи; слѣдовательно и вѣсъ корабля равенъ вѣсу выдавленной имъ воды.

Но какъ водоизмѣщеніе равно объему подводной части корабля, который называется *вмѣстительностію*; то сія вмѣстительность, умноженная на удѣльный вѣсъ воды дастъ вѣсъ всего корабля; а когда извѣстенъ вѣсъ корабля въ полномъ грузу, то раздѣля оный на удѣльный вѣсъ воды, получимъ вмѣстительность его; и тогда надлежитъ располагать чертежъ корабля такимъ образомъ, чтобы онъ имѣлъ сію найденную вмѣстительность и углублялся бы до предназначенной грузовой ватерлиніи.

И такъ, когда корабль уже построенъ, или только составленъ его чертежъ, то можно, вычисливъ по сему чертежу вмѣстительность, опредѣлить вѣсъ какой онъ будетъ имѣть, когда погрузится до означенной грузовой ватерлиніи.

§ 7. Грузовою ватерлиніею называютъ черту, простирающуюся вокругъ всего корабля, до которой онъ погружается, когда будетъ совсѣмъ нагруженъ и вооруженъ. Всѣ прочія линіи, воображаемыя на поверхности корабельнаго дна, низшія грузовой и находящіяся въ плоскостяхъ ей паралельныхъ, просто *ватерлиніями* именуются. Та изъ сихъ ватерлиній, по которую корабль углубляется одною

тяжестію своего корпуса, *спусковою* ватерлиніею называется.

§ 8. Корабль, какъ и всякое судно, на чертежѣ изображается въ трехъ видахъ: на *боку*, *полуширотѣ* и на *корпусѣ*. Первый на діаметральной плоскости, проходящей чрезъ средину киля, стема и старнпоста; на ней, какъ ватерлиніи, такъ и шпангоуты, изображаются прямыми линіями. Второй на плоскости грузовой ватерлиніи, на которой всѣ прочія ватерлиніи или половины ихъ представлены въ настоящемъ видѣ, а шпангоуты проэктируются прямыми линіями. Третій на плоскости мидель-шпангоута, гдѣ ватерлиніи проэктированы прямыми линіями, а шпангоуты изображены въ настоящемъ видѣ; и какъ каждый изъ нихъ состоитъ изъ двухъ совершенно равныхъ и подобныхъ вѣтвей, то на правой сторонѣ діаметральной плоскости, которая здѣсь проэктируется прямою линіею, изображены носовые полушпангоуты, а на лѣвой, кормовые.

§ 9. Дабы по чертежу корабля найти его вмѣстительность, должно сперва провести на семъ чертежѣ грузовую ватерлинію, буде она еще не проведена. А какъ всякое мореходное судно углубляется болѣе кормою, нежели носомъ, отъ сего ватерлинія наклонна къ килю; то, для большей простоты вычисленій, обыкновенно проводятъ оную параллельно килю, въ разстояніи отъ нижней его грани, равномъ полусуммѣ углубленій обоихъ штевней, полагая что часть вмѣстительности, отдѣляемая симъ образомъ въ кормѣ, вознаграждается прибавленіемъ ея къ носу. Потомъ разстояніе между сею ватерлиніею и верхнею гранью киля должно раздѣлить на такое число равныхъ

частей, чтобы проведенныя чрезъ точки дѣленія ватерлиніи раздѣляли подводную часть на такіе отсѣки, которые бы можно было принять за отрѣзки усѣченныхъ пирамидъ. Для сего достаточно (черт 1) раздѣлить всю подводную часть на *шесть* или на *семь* слоевъ, такъ чтобъ въ линейномъораблѣ разстояніе между ватерлиніями было не болѣе 3ˣъ футовъ. Пусть W изображаетъ площадь грузовой ватерлиніи, A, B, C, E, F площади промежуточныхъ ватерлиній

Вмѣстительность перваго слоя отъ грузовой ватерлиніи будетъ . . . . $\frac{1}{2}(W+A)$ г.

Втораго слоя . . . . . $\frac{1}{2}(A+B)$ г

третьяго . . . . . $\frac{1}{2}(B+C)$ г

четвертаго . . . . . $\frac{1}{2}(C+E)$ г

пятаго . . . . . $\frac{1}{2}(E+F)$ г

шестаго . . . . . $\frac{1}{2}(F+H)$ г

и наконецъ вмѣстительность киля Hi. Взявъ сумму всѣхъ сихъ выраженій получимъ вмѣстительность всей подводной части корабля, которую назвавъ U, будетъ

$$U = (\tfrac{1}{2}W + A + B + C + E + F + \tfrac{1}{2}H) + Hi,$$

умноживъ же сіе на q, удѣльный вѣсъ воды, найдется вѣсъ водоизмѣщенія, а посему

$$D = Uq = ((\tfrac{1}{2}W + A + B + C + E + F + \tfrac{1}{2}H) + Hi)q.$$

§ 10. Сія формула даетъ слѣдующее простое правило: *къ полусуммѣ площадей грузовой ватерлиніи и верхней грани киля должно придать цѣлыя площади всѣхъ промежуточныхъ, равноотстоящихъ ватерлиній, сумму умножить на общее между ими разстояніе; къ сему произведенію придать площадь верхней грани киля умноженную его высотою; сумма дастъ вмѣстительность подводной части ко-*

рабля, которую умноживъ на удѣльный вѣсъ воды, получимъ вѣсъ водоизмѣщенія.

§ 11. Для сысканія (черт. 2.) площади какой нибудь ватерлиніи, раздѣляютъ оную ординатами, перпендикулярными къ оси длины и находящимися въ равномъ между собою разстояніи, которое не должно быть болѣе 5^{ти} футовъ. Тогда ватерлинія можетъ быть почитаема за составленную изъ равновысотныхъ трапецій; а какъ площадь всякой трапеціи равна полусуммѣ параллельныхъ сторонъ умноженной на высоту, то, подобно предъидущему, легко докажется, что когда придадимъ къ полусуммѣ крайнихъ ординатъ всѣ промежуточныя ординаты цѣлыя, и умножимъ сію сумму на общее между ними разстояніе, то получимъ площадь ватерлиніи, заключенную между крайними ординатами. А чтобы имѣть площадь всей ватерлиніи, должно придать площади простирающіяся отъ крайнихъ ординатъ до шпунтовъ стема и старнпоста, почитая сіи площади за прямолинейные, или параболическіе треугольники, смотря по кривизнѣ оконечностей ватерлиніи, и еще придать малые прямоугольники, соотвѣтствующіе сѣченіямъ стема съ водорѣзомъ и старнпоста съ рулемъ.

И такъ пусть a и g представляютъ крайнія ординаты, b, c, d, e, f и проч. промежуточныя, m общее между ними разстояніе, а P и Q носовой и кормовой треугольники, вмѣстѣ съ сѣченіемъ штевней, водорѣза и руля, S площадь всей ватерлиніи, то будетъ:

$$S = (\tfrac{1}{2} a + b + c + d + e + \ldots\ldots + \tfrac{1}{2} g)\, m + P + Q.$$

§ 12. Точность сихъ вычисленій достаточна въ практикѣ; но желая достигнуть большей, можно для вычисленія каждой ватерлиніи, употребить другой точнѣйшій

способъ, въ которомъ части обвода ватерлиній, заключенныя между тремя смѣжными ординатами, принимаются за параболы.

Пусть AFП (черт. 2) представляетъ часть обвода ватерлиніи, a, b, c, d и проч. равноотстоящія ординаты. Примемъ часть обвода ADF ватерлиніи, проходящей по концамъ трехъ ординатъ a, b, c, за параболу и при семъ условіи сыщемъ площадь ABEFDA.

Для сего проведемъ хорду AF, которая раздѣлитъ все пространство на трапецію ABEF и параболическій отсѣкъ ADFG; положимъ что парабола отнесена къ косоугольнымъ координатамъ DG$=$x, FB$=$AG$=$y. Будетъ:
площ. параб. DGF $= \frac{2}{3}$ xy sin φ, гдѣ φ есть уголъ, составляемый прямыми DG и AF. Но x$=$DC$-$CG$=$DG, или

$$x = b - \frac{1}{2}(a + c).$$

Также, проведя GK, имѣемъ

$$GZ = y = \frac{GK}{\sin\varphi} = \frac{m}{\sin\varphi}.$$

Вставляя вмѣсто равныхъ равныя, получимъ DGF $=$ $\frac{2}{3}\left(b - \frac{1}{2}(a+c)\right) m$. Площадь AGFD
$= \frac{4}{3}\left(b - \frac{1}{2}(a+c)\right) m = \left(\frac{4}{3} b - \frac{2}{3}(a+c)\right) m.$

Но площ. трапеціи ABEF $= (a+c)$ m, посему вся площадь
ABEFDA $= (a + c)\, m + \left(\frac{4}{3} b - \frac{2}{3}(a + c)\right) m =$
$$(a+4b+c)\, \tfrac{1}{3} m.$$

Подобнымъ образомъ найдется, что площадь
EFLM $= (c+4d+e)\, \frac{1}{3}$ m
LMПN $= (e+4f+g)\, \frac{1}{3}$ m ,

Слѣдовательно площадь всей кривой линіи, между крайними ординатами

$$S=(a+4\ b+2\ c+4\ d+2\ e+4\ f+g)\ {}^1/_3\ m,$$

то есть, площадь ватерлиніи между крайними ординатами равна *произведенію изъ одной трети общаго разстоянія между ординатами на сумму двухъ крайнихъ ординатъ вмѣстѣ съ четырекратною суммою четныхъ ординатъ и вмѣстѣ съ двукратною суммою нечетныхъ.*

§ 13. Способъ сей (черт. 3) можно приложить къ сысканію вмѣстительности подводной части корабля, для сего стоитъ только раздѣлить оную нечетнымъ числомъ ватерлиній. Въ самомъ дѣлѣ, пусть EDde будетъ тонкій слой подводной части корабля, заключенный между двумя паралельными сѣченіями EDH и edh и имѣющій высоту Bb. Вообразивъ на оси AB кривую AF, которой бы ординаты BH и bf были равны площадямъ соотвѣтствующихъ ватерлиній EDH и edh, явно, что стихійная площадь BFfb представитъ объемъ слоя EDde. Для сего каждый слой вмѣстительности подводной части корабля можно почитать за стихійную площадь кривой, которой ординаты равны площадямъ ватерлиній, а посему вмѣстительность подводной части корабля выразится формулою

$$U=(W+4\ A+2\ B+4\ C+2\ D+4\ E+H)\ {}^1/_3\ r+Hi,$$

должно *взять площадь грузовой и верхней грани киля однажды, площади промежуточныхъ ватерлиній четныя четырежды, а нечетныя дважды; сію сумму умножить на треть общаго разстоянія между ватерлиніями и къ произведенію придать объемъ киля.* Найденную такимъ образомъ вмѣстительность подводной части корабля, умноживъ на удѣльный вѣсъ воды получимъ вѣсъ корабля.

§ 14. На теоретическихъ чертежахъ обводы шпангоутовъ и ватерлиній показаны по окладную кромку, т. е. безъ обшивки, и потому, при вычисленіи водоизмѣщенія, къ каждой ординатѣ ватерлиніи должно придавать толщину обшивки, въ верхнихъ ватерлиніяхъ 6 дюймовъ, а въ нижнихъ 5. Для большей же точности сего вычисленія, гораздо лучше вычерчивать обводы ватерлиній съ обшивкою.

§ 15. Явно, что всякія равноотстоящія площади сѣченій корабля могутъ быть употреблены для вычисленія его вмѣстительности. И такъ вмѣстительность корабля можетъ быть вычислена помощію площадей шпангоутовъ; для большей же точности можно бы вычислять вмѣстительность корабля по ватерлиніямъ и по шпангоутамъ, и среднюю между ими величину принимать за вмѣстительность корабля.

§ 16. Положимъ теперь, что извѣстенъ вѣсъ предполагаемаго корабля въ полномъ грузу, а слѣдовательно извѣстна его вмѣстительность, по которой при опредѣленныхъ главныхъ размѣреніяхъ, длинѣ, ширинѣ и глубинѣ, нужно сочинить чертежъ, чтобы вычисленная по немъ вмѣстительность была равна данной.

§ 17. Помощію вышепоказанныхъ вычисленій можно найти водоизмѣщеніе, или вѣсъ выдавленной воды; но чтобы удостовѣриться дѣйствительно ли онъ равенъ вѣсу корабля въ полномъ грузу, нужно опредѣлить полный вѣсъ корабля. Чтобы съ точностію опредѣлить вѣсъ корабля, должно знать вѣсъ и мѣру всѣхъ частей, составляющихъ грузъ, что почти невозможно на самомъ дѣлѣ, а потому

найдемъ хотя приближенную величину вѣса всего корабля. Рѣшеніе сего вопроса становится весьма легкимъ, когда извѣстны отношенія различныхъ частей груза къ вѣсу корабельнаго кузова. Изъ опытовъ найдено, что вѣсъ всякаго груза въ кораблѣ къ вѣсу его кузова имѣетъ постоянное отношеніе, въ судахъ того же рода.

§ 18. Предметы, составляющіе вѣсъ корабля въ полномъ грузу суть:

1) Кузовъ корабля.

2) Рангоутъ съ оснасткою.

3) Якори съ канатами.

4) Гребныя суда съ принадлежностями.

5) Артиллерія съ полнымъ запасомъ огнестрѣльнаго снаряда.

6) Баластъ.

7) Провизія и дрова.

8) Вода съ посудой.

9) Экипажъ съ багажемъ.

Пусть K представляетъ вѣсъ корабельнаго кузова въ пудахъ, c отношеніе вѣса рангоута съ оснасткою и парусами къ вѣсу кузова; то cK будетъ вѣсъ сихъ количествъ.

Вѣсъ провизіи на одного человѣка въ мѣсяцъ	5,2 пуд.
Вѣсъ воды съ посудою на одного человѣка въ мѣсяцъ	5,8
Вѣсъ одного человѣка съ багажемъ . .	6,1

Положимъ, что A представляетъ вѣсъ всей артиллеріи на кораблѣ съ огнестрѣльнымъ снарядомъ, Q вѣсъ

баласта въ пудахъ, P вѣсъ всего корабельнаго груза, будетъ

$$P = A + Q + (5,2.\ e + 5,8.\ f + 6,1)\ M + cK,$$

гдѣ e и f представляютъ число мѣсяцовъ, на которые отпускается провизія и вода, M число людей, составляющихъ экипажъ корабля.

Положивъ что $(5,2.\ e + 5,8.\ f + 6,1)\ M = R$, то $P = A + Q + R + cK$.

Означимъ чрезъ D вѣсъ всего корабля, а чрезъ m отношеніе вѣса кузова къ вѣсу корабля, то $K = mD$, отсюда

$$D = \frac{K}{m},$$

посему $D = K + P$, или $\frac{K}{m} = K + P$, вставя вмѣсто P равную ему величину, получаемъ

$$\frac{K}{m} = K\ (1 + c)\ + A + Q + R, \text{ откуда}$$

$$K = \frac{m\ (A + Q + R)}{1 - (1 + c)\ m}, \text{ и } D = \frac{K}{m} = \frac{A + Q + R}{1 - (1 + c) m}.$$

Вотъ формула, по которой легко опредѣлить можно вѣсъ всякаго военнаго судна въ полномъ грузу, если количества A, Q, R, будутъ даны. Что же касается до количествъ m и c, то ихъ можно взять изъ слѣдующей таблицы

		Количество m	Количество c
Въ корабляхъ	3^{хъ} дечныхъ	0, 535	0,12
	2 дечныхъ	0, 53	0.14
въ Фрегатахъ		0, 55	0,18
въ Корветахъ . . .		0, 46	0,27
въ Бригахъ и Шкунахъ .		0, 46	0,23

§ 19. Вставляя показанныя въ предъидущемъ параграфѣ величины m и c въ общую формулу, получаемъ факторъ

$$\frac{1}{1-(1+c)\ m},$$

Для кораблей 3^{хъ} дечныхъ . . .	2,49
— — — 2 — — — . . .	2,5
— Фрегатовъ	2,56
— Корветъ	2,39
— Бриговъ	2,27

Количество A опредѣлится по данному калибру и числу орудій на кораблѣ. Для опредѣленія R должны быть извѣстны e, f и M.

Провизія обыкновенно отпускается на 6^{ти} мѣсячную кампанію, а воды берутъ на 2 или на 3 мѣсяца; то можно положить, что $e=6$, $f=2$.

Число людей M зависитъ отъ числа и калибра орудій, и извѣстно для всякаго рода судовъ.

Вѣсъ баласта Q зависитъ отъ ранга судна; если D вѣсъ всего корабля, то вѣсъ баласта будетъ:

Для кораблей 3^{хъ} дечныхъ . .	$Q = 0,134\ D$
— — — 2 дечныхъ . .	$Q = 0,106\ D$
Для фрегатовъ	$Q = 0,09\ D$
Для судовъ малыхъ Q не болѣе .	0,073 D

Такимъ образомъ опредѣлятся всѣ количества, входящія въ формулу вѣса корабля.

О вычисленіи груза.

§ 20. Когда корабль уже построенъ, то не столько бываетъ нужно знать полный его вѣсъ, какъ грузъ, который въ него положить должно, дабы онъ погрузился до опредѣленной грузовой ватерлиніи. Сей грузъ равенъ вѣсу воды, которую выдавливаетъ изсѣкъ корабля, заключенный между грузовою и спусковою ватерлиніями; и такъ, замѣтивъ углубленіе обоихъ штевней пустаго плавающаго корабля и проведя на чертежѣ его, въ разстояніи отъ верхней грани киля, равномъ полусуммѣ сихъ углубленій, параллельную грузовой, спусковую ватерлинію. Между сими ватерлиніями должно провести еще двѣ или три ватерлиніи, въ равномъ между собою разстояніи. Пусть C представляетъ площадь спусковой, а W площадь грузовой ватерлиніи, A, B площади промежуточныхъ ватерлиній, то подобными прежнимъ разсужденіями найдемъ, что водоизмѣщеніе изсѣка корабля, между грузовою и спусковою ватерлиніями, или вѣсъ корабельнаго груза

$$R = q\ (\tfrac{1}{2} W + A + B + \tfrac{1}{2} C)\, r,$$

гдѣ q представляетъ удѣльный вѣсъ воды, r разстояніе между ватерлиніями.

Итакъ, *для сысканія груза, должно къ полусуммѣ площадей грузовой и спусковой ватерлиній придать площади промежуточныхъ, и сію сумму умножить на общее между ними разстояніе и на удѣльный вѣсъ воды.*

§ 21. Когда разстояніе r между ватерлиніею, до которой корабль погруженъ и грузовою неболѣе

4 футовъ въ кораблѣ, или вообще не болѣе $1/6$ глубины судна, тогда не проводя промежуточныхъ ватерлиній, вѣсъ Q, который въ корабль положить нужно, чтобы онъ погрузился по грузовую ватерлинію, можетъ быть сысканъ по формулѣ

$$Q = 1/2\,(W + C) r.q$$

Но лучше провести между ватерлиніями W и C среднюю; площадь сей послѣдней будетъ равна полусуммѣ площадей W и C. Означивъ чрезъ N площадь сей средней ватерлиніи, будетъ

$$Q = q.r.N$$

§ 22. Когда разстояніе r менѣе трехъ футовъ, или вообще неболѣе $1/7$ глубины судна, тогда нѣтъ надобности проводить среднюю ватерлинію, но можно въ формулѣ $Q = q.r.N$, вмѣсто N взять площадь той ватерлиніи, до которой корабль погруженъ, или площадь самой грузовой ватерлиніи, ибо по малости разстоянія, ватерлиніи сіи могутъ быть приняты за равныя. По сей формулѣ можно сыскать, какимъ вѣсомъ корабль облегчить должно, чтобы онъ приподнялся изъ воды на данное разстояніе.

Изысканіе это можетъ быть полезно въ такомъ случаѣ, когда кораблю нужно бываетъ снимать часть своего груза, дабы пройти по мѣлководію, или когда корабль станетъ на мѣль.

§ 23. Отсюду можно разрѣшить обратный вопросъ, а именно, сыскать на сколько корабль погрузится отъ прибавленія, и обратно, на сколько поднимется при снятіи нѣкотораго груза. Для сего должно данный вѣсъ раздѣлить на удѣльный вѣсъ воды и на площадь той ватерлиніи, до которой корабль погруженъ, что видно изъ фор-

мулы $$r = \frac{Q}{k.N}$$

Примѣръ. 1 На 84 пушечномъ кораблѣ, вооруженномъ короткою артиллеріею, нужно поставить на гондекѣ, вмѣсто 36ти фунт. короткихъ, 36ти фунт. пушки длинныя; на опердекѣ, вмѣсто 24хъ фунтовыхъ пушекъ, 36ти фунтовыя короткія. Требуется знать, на сколько погрузится корабль отъ прибавочнаго вѣса артилеріи.

На 84 пуш. кораблѣ площадь грузовой W=9500кв. футовъ.

Вѣсъ артиллеріи, полагая на гондекѣ 36 фун. короткія пушки, а на опердекѣ 24 фунт. . . . . 9408 пудъ

Вѣсъ артиллеріи, полагая на гондекѣ 36 фун. длинныя, и на опердекѣ 36 фун. короткія . . . . . 13120, разность сихъ вѣсовъ 3712 пудовъ.

Итакъ въ семъ случаѣ Q = 3712 пудъ, посему

$$r = \frac{Q}{kW} = \frac{3712}{1,8W} = \frac{3712}{1,8 \times 9500} = 0,21 \text{ ф.} = 2,5 \text{ дюйм.}$$

На столько дюймовъ 84 пуш. корабль углубится болѣе, отъ помѣщенія 36ти фунтоваго калибра пушекъ на гондекѣ и опердекѣ.

Примѣръ. 2-й Въ 110ти пушечномъ кораблѣ нижніе порты должны отстоять отъ воды не менѣе 5 футовъ, а въ полномъ грузу это возвышеніе оказалось только $4^1/_2$ фута; спрашивается сколько должно вынуть груза изъ корабля, чтобы онъ поднялся на $^1/_2$ фута?

110^{ти} пущ. корабля $W = 11000$ кв. фут., посему искомый грузъ $Q = kr. W = 9900$ пудовъ.

Примѣръ 3^{ій}. Найти, на сколько поднимется изъ воды 3^{хъ} дечный корабль послѣ 4^{хъ} мѣсячной кампаніи, когда большая часть съѣстныхъ припасовъ издержана.

Вѣсъ издержанной провизіи, воды и военныхъ снарядовъ въ теченіи 4^{хъ} мѣсяцовъ, можно положить около 39600 пудовъ $= Q$.

По формулѣ $r = \frac{Q}{kW} = 2$ футамъ.

Когда $W = 11000$ кв. фут, $к = 1,8$ пуд.

§. 24. Всѣ сіи вопросы съ довольною точностію можно рѣшать, если предварительно сочиненъ будетъ грузовой размѣръ корабля.

На сей конецъ должно раздѣлить подводную часть корабля ватерлиніями на равновысотные отсѣки, коихъ бы общая высота не превышала 3^{хъ} футовъ, и вычислить вѣсъ водоизмѣщенія каждаго изъ сихъ отсѣковъ, равно какъ и киля. Потомъ проводи двѣ прямыя AB и AC, (черт. 3.) перпендикулярныя взаимно; на AB начерти десятичный размѣръ въ тоннахъ, начавъ дѣленія отъ точки A, а на AC масштабъ въ футахъ и дюймахъ, который представитъ размѣръ углубленій. Послѣ сего изъ точекъ D, E, F, G, H, K, и C, соотвѣтствующихъ углубленіямъ киля и разнымъ отсѣкамъ корабля, проводи прямыя перпендикулярныя AC, а отъ точекъ d, e, f, g, h, к и c, указующихъ вѣсъ водоизмѣщенія слоевъ, начиная отъ киля, прямыя, перпендикулярныя къ AB. Наконецъ, чрезъ A и по точкамъ J, L, M, N, O, P и Q, въ

коихъ встрѣчаются соотвѣтствующіе перпендикуляры, обводи согласную кривую линію AJLMNOPQ, и тогда грузовой размѣръ будетъ конченъ.

§ 25. Употребленіе грузоваго размѣра весьма просто. Положимъ, напримѣръ, что корабль, по спускѣ его на воду, состоялъ въ грузу: Ахтеръ-штевнемъ 14 ф. 10 д., форштевнемъ 11 ф 4 д., такъ что среднее его углубленіе было 13 ф. 1 д. Отъ точки соотвѣтствующей сему углубленію, на размѣръ AC, возставь къ нему перпендикуляръ и отъ точки m, гдѣ онъ встрѣтитъ кривую ANQ, опусти перпендикуляръ на AB. который на размѣрѣ тоновъ покажетъ 1266 тоновъ, вѣсъ пустаго корабля; вычти сіе количество изъ полнаго вѣса вооруженнаго корабля, который равенъ $2719^1/_4$ тоновъ, получишь $1453^1/_7$ тоновъ полный грузъ корабля.

Для большей удобности, обыкновенно составляютъ размѣры тоновъ и углубленій по другую сторону, параллельно прямымъ AB и AC, коихъ дѣленія начинаются отъ точки Q; тогда перпендикуляръ, опущенный изъ точки m на прямую QC, прямо покажетъ полный грузъ корабля.

Положимъ, для другаго примѣра, что въ продолженіе вооруженія, когда углубленіе ахтеръ-штевня было 20 ф. 3 д., форштевня 18 ф. 1 д, нужно предварительно знать, на сколько корабль углубится отъ погрузки въ него всей артиллеріи. Вѣсъ Артиллеріи 74 пуш. корабля, т. е. пушекъ со станками и ихъ такелажемъ составляетъ 13260 пудовъ, или 221 тонъ. Отъ точки, соотвѣтствующей среднему углубленію 19 ф. 2 д. проведи перпендикуляръ къ AC, и отъ встрѣчи его съ кривою опусти на AB перпендикуляръ, который укажетъ 2358 тоновъ:

прибавя къ сему 221 тон., вѣсъ артиллеріи, отъ точки соотвѣтствующей суммѣ сихъ количествъ, равной 2579 тон., возставь перпендикуляръ къ AB, и отъ точки b, гдѣ онъ встрѣтитъ кривую, опусти на AC перпендикуляръ, который покажетъ 20 ф. $5^3/_4$ д. Вычтя изъ сего углубленія прежнее 19 ф. 2 д. найдемъ что корабль, отъ погрузки въ него всей артиллеріи, углубится на 1 ф. $1^3/_4$ д.

ГЛАВА II.

О ЦЕНТРѢ ВЕЛИЧИНЫ.

§ 26. Когда корабль находится въ равновѣсіи съ водою, то вѣсъ его равенъ вѣсу выдавленной имъ воды. Вѣсъ корабля можно принять за силу, приложенную къ центру тяжести корабля; а вѣсъ выдавленной воды есть равнодѣйствующая, вертикальныхъ давленій воды на подводную часть корабля и проходитъ чрезъ центръ тяжести выдавленной воды, который называется *Центръ величины*; ибо мѣсто его зависитъ отъ большей или меньшей величины подводной части и ея образованія.

Для соблюденія сего равновѣсія, центръ тяжести корабля и центръ его величины необходимо должны находиться на одной вертикальной линіи; потому что вѣсъ корабля

и равнодѣйствующая вертикальныхъ давленій воды дѣйствуютъ по направленію вертикальному и въ противныя стороны.

§ 27. Извѣстно, что для опредѣленія положенія точки въ пространствѣ, нужно знать отстояніе оной отъ трехъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостей. Сіи плоскости въ кораблѣ суть: діаметральная, мидель-шпангоутъ и грузовая ватерлинія. Но какъ всякое судно строится симетрически въ разсужденіи діаметральной плоскости, то центръ его величины долженъ находиться на сей же плоскости; а потому и нужно опредѣлить отстояніе его только отъ грузовой ватерлиніи и отъ мидель-шпангоута, или отъ другой плоскости параллельной сему шпангоуту.

§ 28. Чтобы найти отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи, то положимъ, что прямая AB (черт. 4.) представляетъ глубину подводной части корабля; прямыя DAC, PEK, QFL и проч. представляютъ проэкціи ватерлиній на боку; TBO, - проэкція верхней грани киля.

Отъ точки A по проэкціи грузовой ватерлиніи положимъ, въ одну сторону, прямую AC, имѣющую столько футовъ линейныхъ, сколько квадратныхъ футовъ заключается въ носовой части площади грузовой ватерлиніи, а въ другую сторону прямую AD, имѣющую столько футовъ линейныхъ, сколько ихъ заключается въ кормовой части площади грузовой ватерлиніи. Такимъ образомъ прямая DAC, будетъ содержать въ себѣ столько футъ линейныхъ, сколько квадратныхъ футовъ находится въ площади грузовой ватерлиніи.

Сдѣлавъ подобное строеніе у проэкціи каждой ватерлиніи, получимъ прямыя PEK, QFL, RGM и проч., кото-

рыя будутъ заключать въ себѣ столько футовъ линейныхъ, сколько квадратныхъ футовъ заключается въ площадяхъ соотвѣтствующихъ ватерлиній. Чрезъ точки D, P, Q и проч. C, K, L и проч. проведемъ кривую линію CMOTRD; сія линія называется *линіею горизонтальныхъ сѣченій*. Очевидно, что площадь ея будетъ заключать въ себѣ столько футовъ квадратныхъ, сколько кубическихъ футовъ заключается во всей вмѣстительности подводной части, между грузовою ватерлиніею и килемъ; также и отстояніе центра тяжести сей линіи отъ прямой CD, равно отстоянію центра величины судна отъ грузовой ватерлиніи. И такъ, зная правила, по которымъ опредѣляется мѣсто центра тяжести площади кривой линіи, можно будетъ опредѣлить положеніе центра величины корабля.

§ 29 Для опредѣленія центра тяжести площади кривой линіи, употребляютъ способъ равноотстоящихъ ординатъ. Пусть требуется опредѣлить центръ тяжести площади кривой линіи ADFMN (черт. 2). Для сего раздѣлимъ ось этой кривой линіи на столько равныхъ частей, что ежели чрезъ точки дѣленія проведемъ ординаты a, b, c, d и проч., то чтобы части кривой линіи между каждыми двумя ординатами можно было принять за прямыя линіи; тогда вся площадь будетъ раздѣлена на трапеціи ABCD, DCEF и проч.

Примемъ каждую изъ сихъ трапецій за силу пропорціональную ея площади; центръ тяжести всей площади будетъ точка приложенія равнодѣйствующей параллельныхъ силъ, которыя представлены трапеціями. Означимъ площади трапецій чрезъ P, Q, R, S и проч. отстоянія центровъ тяжести ихъ отъ ординаты AB, чрезъ p, q, r, s, и отстояніе центра тяжести всей площади отъ той же ординаты AB чрезъ x.

Изъ Статики извѣстно, что отстояніе точки приложенія равнодѣйствующей отъ какой либо прямой, или плоскости равно суммѣ моментовъ составляющихъ силъ, раздѣленной на сумму самыхъ силъ; слѣдовательно отстояніе точки приложенія равнодѣйствующей силъ P, Q, R, S и проч. отъ ординаты AB будетъ:

$$x = \frac{Pp + Qq + Rr + Ss + \ldots}{P + Q + R + S + \ldots} \ldots\ldots \quad (1)$$

Опредѣлимъ зависимость количествъ P, Q, R, S и проч. p, q, r, s и проч. отъ равноотстоящихъ ординатъ a, b, c, d и проч. и отъ разстоянія между ними m.

Извѣстно, что площадь трапеціи $P = \frac{1}{2}(a+b)\,m$, равнымъ образомъ $Q = \frac{1}{2}(b+c)\,m$, $R = \frac{1}{2}(c+d)\,m$, $S = \frac{1}{2}(d+e)\,m$.

Отстояніе центра тяжести трапеціи ABCD отъ ординаты AB = P

$$p = \frac{a+2b}{a+b} \cdot \frac{1}{3}\,m.$$

Отстояніе ц. т. трапеціи DCEF отъ ординаты CD $= \frac{b+2c}{b+c} \cdot \frac{1}{3}\,m$, а отъ ординаты AB

$$q = \frac{b+2c}{b+c} \cdot \frac{1}{3}m + m = \frac{4b+5c}{b+c} \cdot \frac{1}{3}\,m,$$

также

$$r = \frac{c+2d}{c+d} \cdot \frac{1}{3}m + 2m = \frac{7c+8d}{c+d} \cdot \frac{1}{3}\,m,$$

$$s = \frac{d+2e}{d+e} \cdot \frac{1}{3}m + 3m = \frac{10d+11e}{d+e} \cdot \frac{1}{3}\,m,$$

$$t = \frac{e+2f}{e+f} \cdot \frac{1}{3}m + 4m = \frac{13e+14f}{e+f} \cdot \frac{1}{3}\,m.$$

И такъ моменты трапеціи въ разсужденіи ординаты AB будутъ:

$$Pp = \tfrac{1}{6}\, m^2\, (a + 2b)$$
$$Qq = \tfrac{1}{6}\, m^2\, (4b + 5c)$$
$$Rr = \tfrac{1}{6}\, m^2\, (7c + 8d)$$
$$Ss = \tfrac{1}{6}\, m^2\, (10d + 11e)$$
$$Tt = \tfrac{1}{6}\, m^2\, (13e + 14f)$$

Вставляя сіи величины въ формулу (1), получимъ:

$$x = \frac{(\tfrac{1}{6}\, a + b + 2\, c + 3\, d + 4\, e + \tfrac{14}{6}\, f)\, m}{\tfrac{1}{2}\, a + b + c + d + e + \tfrac{1}{2}\, f}$$

Множители 2, 5, 8, 11, 14 вторыхъ членовъ составляютъ ариѳметическую прогрессію, которой разность 3. Полагая число ординатъ n, число членовъ прогрессіи будетъ $n-1$, а потому послѣдній ея членъ равенъ $2+3\,(n-2)$ или $3n-4$..

Слѣдовательно сомножитель послѣдняго члена можетъ быть представленъ вообще чрезъ $\frac{3n-4}{6}$, гдѣ n есть число ординатъ, а потому вообще

$$x = \frac{(\tfrac{1}{6}\, a + b + 2c + 3d + 4e + \ldots\ldots \tfrac{3\,n-4}{6}\, h)\ m}{\tfrac{1}{2}\, a + b + c + d + e + \ldots + \tfrac{1}{2}\, h}$$

Отсюда видно, что для опредѣленія отстоянія центра тяжести ватерлиніи, или вообще кривой линіи отъ одной изъ крайнихъ ея ординатъ, должно взять $\tfrac{1}{6}$ *часть сей первой ординаты, однажды вторую, дважды третью, трижды четвертую, и т. д. а послѣднюю ординату умножить на шестую часть тройнаго числа всѣхъ ватерлиній безъ четырехъ; сумму сихъ произведеній раздѣлить на полусумму крайнихъ ординатъ, вмѣстѣ со всѣми промежуточными и происшедшее частное умножить на разстояніе между ординатами.*

§. 30. По сему же правилу можно опредѣлить отстояніе центра величины судна отъ грузовой ватерлиніи. Въ самомъ дѣлѣ, въ § 28 мы видѣли, что отстояніе сего центра отъ грузовой ватерлиніи равно отстоянію центра тяжести линіи горизонтальныхъ сѣченій отъ наибольшей ея ординаты. Слѣдовательно, опредѣливъ сіе послѣднее разстояніе, найдемъ отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи. Но поелику ординаты линіи сѣченій равны соотвѣтствующимъ площадямъ ватерлиній, то чтобы найти отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи, должно взять $^1/_6$ *часть площади грузовой ватерлиніи, однажды вторую, дважды-третью, трижды-четвертую, и т. д. а площадь верхней грани киля умножить на шестую часть тройнаго числа всѣхъ ватерлиній безъ четырехъ; взять сумму сихъ произведеній и раздѣлить ее на полусумму площадей грузовой ватерлиніи и верхней грани киля вмѣстѣ со всѣми промежуточными площадями; наконецъ произшедшее частное умножить на разстояніе между ватерлиніями.* Пусть W представляетъ площадь грузовой ватерлиніи, A, B, C, D, и проч. площади промежуточныхъ ватерлиній; H площадь верхней грани киля, r разстояніе между ватерлиніями. Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи будетъ

$$g = \frac{(^1/_6\, W + A + 2B + 3C + 4D + 5E + \frac{3n-4}{6} H)}{^1/_2\, W + A + B + C + D + E + \ldots + {^1/_2}\, H}\, r.$$

§ 31. Чтобы опредѣлить отстояніе центра величины отъ мидельшпангоута, или отъ другой плоскости ему параллельной, предположимъ что подводная часть корабля между грузовою ватерлиніею и килемъ разсѣчена плоскостями ватерлиній на равновысотные отсѣки, которые бы

ложно было принять за усѣченныя пирамиды. Объемъ каждаго изъ сихъ отсѣковъ можетъ быть почитаемъ за пропорціональную ему силу, приложенную къ его центру тяжести. Сумма всѣхъ отсѣковъ, или вмѣстительность подводной части корабля будетъ равнодѣйствующая всѣхъ паралельныхъ силъ, пропорціональныхъ отсѣкамъ. Точка приложенія этой равнодѣйствующей будетъ находиться въ центрѣ величины. Итакъ чтобы опредѣлить мѣсто центра величины по длинѣ корабля, нужно только сыскать точку приложенія нѣсколькихъ параллельныхъ силъ, которыя, въ настоящемъ случаѣ представляютъ вмѣстительности отсѣковъ.

Пусть P, Q, R, S, T изображаютъ вмѣстительности отсѣковъ, заключенныхъ между ватерлиніями; p, q, r, s, t, отстояніе центровъ тяжести сихъ отсѣковъ отъ какого либо шпангоута, то отстояніе центра величины судна отъ той же плоскости будетъ

$$y = \frac{Pp + Qp + Rr + Ss + Tt}{P + Q + R + S + T} \quad \ldots . (2)$$

Найдемъ зависимость входящихъ въ сію формулу количествъ отъ площадей ватерлиній.

$$P = \tfrac{1}{2}(W + A)\,n,\ Q = \tfrac{1}{2}(A + B)\,n,$$
$$R = \tfrac{1}{2}(B + C)\,n,\ S = \tfrac{1}{2}(C + D)\,n,$$

Пусть w, a, b, c, d и проч. представляютъ отстояніе центровъ тяжести ватерлиній отъ даннаго шпангоута.

Разстояніе p, безъ большей погрѣшности можно принять за среднее между разстояніями w и a; т. е. $p = \tfrac{1}{2}(w + a)$. Чтобы найти Pp, нужно это выраженіе помножить на $\tfrac{1}{2}(W + A)\,n$, произшедшее отъ сего произведеніе будетъ почти то же, что

$$Pp = \tfrac{1}{2}(Ww + Aa)n$$

Подобнымъ образомъ найдемъ, что

$$Qq = \frac{1}{2}\,(Aa + Bb)\,n, \quad Rr = \frac{1}{2}\,(Bb + Cc)\,n$$
$$Ss = \frac{1}{2}\,(Cc + Dd)\,n, \quad Tt = \frac{1}{2}\,(Dd + Ee)\,n$$
$$Uu = \frac{1}{2}\,(Ee + Hh)\,n.$$

Вставляя сіи величины въ формулу (2) получимъ отстояніе центра величины отъ даннаго шпангоута:

$$y = \frac{\frac{1}{2}\,Ww + Aa + Bb + Cc + Dd + Ee + \frac{1}{2}\,Hh}{\frac{1}{2}\,W + A + B + C + D + E\ \frac{1}{2}\,H},$$

т. е. *отстояніе центра величины отъ плоскости какого либо шпангоута равно полусуммѣ моментовъ грузовой ватерлиніи и верхней грани киля вмѣстѣ съ суммою моментовъ площадей промежуточныхъ ватерлиній, раздѣленной на полусумму площадей грузовой ватерлиніи и верхней грани киля вмѣстѣ съ суммою площадей промежуточныхъ ватерлиній.*

§ 32. При опредѣленіи центра тяжести площади ватерлиніи, за равноотстоящія ординаты обыкновенно принимаютъ проэкціи прямыхъ шпангоутовъ на полуширотѣ, имѣющія свое опредѣленное мѣсто по длинѣ судна, отъ чего въ носу и въ кормѣ въ каждой ватерлиніи остаются треугольники, какъ ACD, BEF (черт. 5), которыхъ основанія AD, BF не равны разстоянію между ординатами. Величина площадей сихъ треугольниковъ имѣетъ вліяніе на положеніе цертра тяжести всей площади.

Чтобы опредѣлить центръ тяжести всей площади ватерлиніи, означимъ чрезъ A часть ея CDFE, содержимую между крайними ординатами, чрезъ P и Q, площади треугольниковъ ACD, BEF, чрезъ p, q прямыя BF и AD. Положимъ что чрезъ точку T проходитъ перпендикуляръ, проведенный чрезъ средину грузовой ватерлиніи; G центръ тяжести площади CDFE.

Принимая каждую изъ площадей A, P, Q за силы составляющія, а цѣлую площадь ватерлиніи за ихъ равнодѣйствующую, имѣемъ отстояніе центра тяжести всей ватерлиніи отъ средины.

$$a = \frac{A\ (DG-DJ) + P\ (^1/_3\ p+FJ) - Q\ (^1/_3\ q+DJ)}{A+P+Q},$$

Или полагая GG = b, EJ = c, DJ = d, будетъ

$$a = \frac{A\ (b-d) + P\ (^1/_3\ p+c) - Q\ (^1/_3\ q+d)}{A+P+Q}$$

По этой формулѣ опредѣлится отстояніе центра тяжести каждой ватерлиніи отъ плоскости проходящей чрезъ средину длины грузовой ватерлиніи, параллельно площади мидель-шпангоута.

§ 33. Изъ сихъ формулъ видно, что положеніе центра величины совершенно зависитъ отъ величины площадей ватерлиній; съ увеличеніемъ площадей грузовой и близкихъ къ ней ватерлиній и съ уменьшеніемъ площадей нижнихъ ватерлиній, центръ величины будетъ приближаться къ грузовой ватерлиніи, а въ противномъ случаѣ онъ будетъ удаляться отъ той же линіи. Равнымъ образомъ, увеличеніе полноты обводовъ носовыхъ ватерлиній предъ кормовыми, приближаетъ центръ величины къ носу. Короче сказать, положеніе центра величины корабля совершенно зависитъ отъ образованія подводной его части.

ГЛАВА III.

ОБЪ ОСТОЙЧИВОСТИ.

§ 34. Вертикальное давленіе воды на подводную часть корабля составляетъ силу, которая противодѣйствуетъ вѣсу его и вовсе разрушаетъ, когда сіи двѣ силы равны. Хотя это равенство необходимо для содѣланія судна плавающимъ, однакожь оно недостаточно доставить ему состояніе покоя и неподвижности въ самой тихой водѣ; надлежитъ еще чтобъ сіи силы дѣйствовали по направленіямъ прямопротивнымъ; а какъ обѣ онѣ направлены вертикально, то нужно еще чтобъ прямая линія, соединяющая центръ тяжести корабля съ центромъ его величины, была вертикальна.

Но одного этого условія еще недостаточно для того, чтобы судно плавало въ одномъ опредѣленномъ положеніи. Для доказательства возьмемъ въ примѣръ два цилиндра, изъ коихъ у одного высота вдвое болѣе діаметра основанія, а у другаго, діаметръ основанія вдвое болѣе высоты. Погрузимъ оба цилиндра въ воду такъ, чтобы оси ихъ быти вертикальны, т. е. чтобы въ каждомъ центръ тяжести и величины находились на одной вертикальной линіи. Тогда первый цилиндръ немедлѣнно приметъ такое положеніе, въ которомъ ось будетъ горизонтальна, напротивъ того второй, при вертикальномъ положеніи оси, останется въ равновѣсіи.

§ 35. Изъ сего примѣра видно, что во всякомъ плавающемъ тѣлѣ можетъ быть безчисленное множество

положеній, въ которыхъ центръ тяжести и центръ величины находятся на одной вертикальной линіи; но мореходное судно должно быть построено такъ, чтобы оно плавало въ одномъ только опредѣленномъ положеніи и всегда бы силилось принять это положеніе, если какая либо посторонняя сила отъ онаго уклоняетъ. Установленіе мачтъ и парусовъ, употребленіе артиллеріи, дѣйствіе руля и вообще все что нужно, какъ для безопасности и покоя плавателей, такъ и для успѣшнаго плаванія, должно быть учреждено и расположено въ кораблѣ по тому единственному положенію, въ которомъ діаметральная плоскость и плоскость мидель-шпангоута вертикальны. Корабль долженъ сохранять это (прямое) положеніе и имѣть такое образованіе, при которомъ бы онъ могъ оказывать самое большее противодѣйствіе силамъ стремящимся измѣнить его. Противодѣйствіе судна силамъ, стремящимся вывести его изъ прямаго положеніе, называется *остойчивостію*. Это качество занимаетъ первое мѣсто между всѣми другими качествами, нужными судну опредѣленному ходить по морямъ. Часто сила вѣтра, приводящая корабль въ движеніе, стремится вывести его изъ прямаго положенія, и волны возмущеннаго моря, нерѣдко присовокупляютъ къ сему свою силу, дабы наклонить судно на тотъ или на другой бокъ. Въ сихъ трудныхъ и опасныхъ положеніяхъ, остойчивость поддерживаетъ его и соблюдаетъ, какъ собственную его, такъ и находящихся на немъ мореплавателей безопасность. Сія самая остойчивость, препятствуя кораблю имѣть великія наклоненія, позволяетъ ему всѣ свои силы устремлять на пораженіе непріятеля; ибо тогда нижняя

батарея его бываетъ довольно возвышена надъ водою, чтобъ дѣйствовать оною во всякое время, когда сражаться можно.

Также неиначе, какъ съ великою остойчивостію можно отважиться носить много парусовъ, дабы корабль получалъ всю скорость, къ какой онъ удобенъ по образованію своему; и тогда можно, съ надеждою успѣха, гнаться за непріятелемъ или убѣгать отъ него, удаляться отъ опасности, отъ берега, преодолѣвать теченіе и наконецъ, быстротою хода, придавать кораблю легкую поворотливость и малый дрейфъ. Тѣмъ болѣе остойчивость важна, что она усиливаетъ доброту другихъ качествъ корабля. Итакъ изслѣдуемъ основанія сего качества, и покажемъ средства доставлять его судамъ всякаго рода.

§ 36. Если на корабль дѣйствуетъ какая либо сила, не проходящая чрезъ центръ тяжести, то, смотря по различнымъ положеніямъ сей силы, корабль будетъ обращаться около одной изъ горизонтальныхъ осей, проходящихъ чрезъ центръ тяжести. Сихъ осей можно вообразить безчисленное множество, а потому и остойчивость можетъ быть разсматриваема въ разсужденіи каждой изъ нихъ. Но главныхъ только двѣ оси, изъ коихъ одна проходитъ по діаметральной плоскости и называется *осью длины*, а другая, перпендикулярная къ ней, *осью ширины* именуется. Но какъ корабль по образу своему, болѣе удобенъ крениться около оси длины, а потому и остойчивость его въ разсужденіи сей оси будетъ наименьшая. И если корабль будетъ имѣть достаточную степень остойчивости въ разсужденіи этой оси, то можно быть увѣрену, что остойчивость его въ разсужденіи всякой другой оси будетъ весьма достаточна.

§ 37. Положимъ что какая либо сила заставляетъ корабль обращаться вокругъ оси длины, требуется опредѣлить остойчивость его въ разсужденіи сей оси. Для простоты изслѣдованія вообразимъ, что ось длины раздѣлена на малѣйшія частицы, и чрезъ всѣ точки дѣленія проведены плоскости, перпендикулярныя къ сей оси. Такимъ образомъ корабль раздѣлится на множество вертикальныхъ отсѣковъ, имѣющихъ малѣйшую толщину. Станемъ вопервыхъ искать условія остойчивости для одного отсѣка, а потомъ уже опредѣлимъ условія остойчивости для цѣлаго корабля.

§ 38. Вѣсъ корабля и производная сила вертикальныхъ давленій на подводную его часть суть двѣ силы, которыя на него дѣйствуютъ, когда онъ находится на водѣ въ покоѣ: очевидно, что всякая перемѣна въ состояніи корабля можетъ только произойти отъ измѣненія взаимнаго расположенія оныхъ. И потому разсмотримъ, при какомъ изъ сихъ положеній, корабль пріобрѣтаетъ остойчивое равновѣсіе.

Пусть ABCD (черт. 6.) представляетъ основаніе одного изъ вертикально-поперечныхъ отсѣковъ корабля, имѣющаго малѣйшую толщину г. Прямая AB, грузовая ватерлинія; O центръ величины сѣченія въ прямомъ его положеніи; G, центръ тяжести.

Положимъ что отсѣкъ отъ какой либо посторонней силы, дѣйствующей въ плоскости одного изъ основаній, накренился на нѣкоторый уголъ, такъ что грузовая или верхняя ватерлинія AB приняла положеніе ab, и подводная часть сдѣлалась aCDb. Тогда центръ тяжести G не измѣнитъ мѣста, а центръ величины, какъ зависящій отъ обра-

зованія подводной части, перемѣнитъ свое мѣсто и перейдетъ въ нѣкоторую точку Н. Центръ величины Н можетъ имѣть три различныя положенія, относительно вертикальной линіи GL, проходящей чрезъ центръ тяжести.

Онъ можетъ находиться:

1). Въ точкѣ J, въ той части отсѣка, которая послѣ наклоненія вышла изъ воды.

2). На вертикальной линіи GL.

3). Въ точкѣ Н, которая находится въ части отсѣка, послѣ наклоненія, погруженной въ воду.

§ 39. Въ первомъ случаѣ вѣсъ отсѣка и вертикальное давленіе воды содѣйствуютъ кренящей силѣ, чтобы еще болѣе кренить сѣченіе, и которое неминуемое перевернется. Тогда отсѣкъ будетъ имѣть отрицательную остойчивость. Къ этому случаю подходятъ всѣ тѣла, у которыхъ глубина гораздо болѣе ширины, какъ въ первомъ изъ вышеприведенныхъ цилиндровъ.

Во второмъ случаѣ вѣсъ отсѣка и вертикальное давленіе воды, будучи равны и прямопротивны, взаимно разрушаются и не будутъ препятствовать кренящей силѣ. Тогда остойчивость будетъ равна нулю. Этотъ случай имѣетъ мѣсто въ тѣлахъ сферическихъ, а также въ цилиндрѣ, у коего ось горизонтальна. Тѣла, имѣющія таковое образованіе, будучи выведены изъ одного положенія, вращаются, доколѣ кренящая сила не перестанетъ дѣйствовать.

Наконецъ, въ третьемъ случаѣ, вертикальное давленіе, вращая отсѣкъ въ сторону противную кренящей силѣ, будетъ понуждать его принять прямое положеніе. Тако-

во должно быть сорасположеніе дѣйствующихъ на отсѣкъ силъ, вѣса его и вертикальнаго давленія воды, въ случаѣ остойчиваго равновѣсія. Итакъ изслѣдуемъ, какой образъ должны имѣть вертикально поперечныя сѣченія корабля для наибольшей остойчивости.

§ 40. Положимъ что центръ величины отсѣка, въ наклонномъ его положеніи, изъ точки O перешелъ въ H, въ ту часть отсѣка, которая, послѣ наклоненія, погружена. Чрезъ точку H проведемъ вертикальную линію HZ; изъ центра тяжести G опустимъ на нее перпендикуляръ GZ.

Производная сила вертикальныхъ давленій воды на подводную часть отсѣка проходитъ по направленію HZ, и равна вѣсу водоизмѣщенія или вѣсу самаго отсѣка. Означимъ ее чрезъ D; то D. GZ будетъ моментъ производной силы вертикальныхъ давленій воды на подводную часть отсѣка, приводящій его въ прямое положеніе, а слѣдовательно *моментъ остойчивости* отсѣка. Величина сего момента зависитъ отъ перемѣннаго количества GZ, потому что D, вѣсъ отсѣка, остается постояннымъ. По сей причинѣ GZ называется *мѣрою остойчивости.*

§ 41. Разсмотримъ зависимость мѣры остойчивости отъ образованія подводной части и отъ главныхъ размѣреній. Поелику величина подводной части отсѣка отъ наклоненія его не измѣняется, то пл. ABCD равна пл. abCD, и треугольникъ AaX, вышедшій изъ воды, равенъ треугольнику bBX, погруженному въ воду.

Положимъ, что въ точкахъ n и m находятся центры тяжести треугольниковъ AaX, bBX и слѣдовательно цент-

ры параллельныхъ силъ, измѣряемыхъ площадями сихъ треугольниковъ. Изъ точекъ n и m опустимъ на ab перпендикуляры nq, mp.

Изъ механики извѣстно, что если въ системѣ тѣлъ положеніе одного тѣла измѣнится, то и центръ тяжести всей системы перемѣнитъ свое мѣсто, и что разстояніе, пройденное симъ центромъ, равно вѣсу передвинутаго тѣла, умноженному на перейденное имъ разстояніе и раздѣленному на вѣсъ всей системы тѣлъ.

Въ настоящемъ случаѣ, величину подводной части ABCD можно принять за систему тѣлъ, коихъ общій центръ тяжести въ O. Одно изъ тѣлъ сей системы, а именно треугольникъ aAX, при наклоненіи отсѣка, перешелъ въ положеніе bBX, отъ чего центръ тяжести его передвинулся по горизонтальному направленію на разстояніе pq, а центръ тяжести всей системы по тому же направленію прошелъ разстояніе OM. Слѣдовательно

$$OM = \frac{pq \cdot aAX}{ABCD},$$

или, полагая $pq = b$, $aAX = A$; $ABCD = D$, имѣемъ:

$$OM = \frac{Ab}{D}.$$

Но $GZ = TM = OM - OT$, а $OT = GO. \sin\varphi$, полагая что φ есть уголъ наклоненія.

Означивъ Go чрезъ g, будетъ

$$OT = g . \sin.\varphi.$$

слѣдовательно

$$GZ = \frac{Ab}{D} - g. \sin\varphi.$$

Вотъ выраженіе мѣры остойчивости отсѣка, коего сѣченіе ABCD есть основаніе, а r толщина.

Вѣсы водоизмѣщенія подводной части ABCD и треугольника aAX пропорціоналены ихъ вмѣстительностямъ, и потому, въ предъидущую формулу вмѣсто A и D, можно поставить количества v и U, изображающія: одно вмѣстительность тѣла, у коего основаніе треугольникъ aAX и высота r, а другое, вмѣстительность подводной части отсѣка.

§ 42. Пайдемъ зависимость количествъ v и U отъ размѣреній отсѣка.

Если каждый изъ отсѣковъ судна имѣетъ малѣйшую толщину r, то объемъ всего отсѣка выразится чрезъ $Vr = U$, а обьемъ призмы, у которой основаніе v, равное площади треугольника Aax, а высота r, будетъ vr, а посему

$$GZ = \frac{bvr}{U} - g.\sin.\phi.$$

Означивъ BX, полуширину отсѣка въ прямомъ положеніи, чрезъ B, а bX, полуширину его въ наклонномъ положеніи, чрезъ C, то въ треуг. BXb имѣемъ: $v = \frac{1}{2}\ BC.\ \sin.\ \phi$.

Въ предъидущей формулѣ количество b составляетъ нѣкоторую часть отъ ширины отсѣка въ наклонномъ положеніи; положимъ что $b = nC$, гдѣ n есть дробь, показующая отношеніе b къ C.

Вставляя найденныя величины v и b въ общую формулу, имѣемъ

$$GZ = \left(\frac{n\ BC^2.\ r}{2\ U} - g\right) \sin.\phi.$$

§ 43. Разсматривая сію формулу видимъ, что полное выраженіе мѣры остойчивости состоитъ изъ двухъ факторовъ, отъ увеличенія каждаго изъ нихъ остойчивость будетъ увеличиваться.

Но, при постоянномъ углѣ наклоненія, остойчивость будетъ зависѣть только отъ величины перваго фактора

$$\frac{nBC^2 . r}{2U} - g.$$

Это выраженіе состоитъ изъ двухъ членовъ, изъ коихъ первый положительный, а второй отрицательный; и потому для увеличенія остойчивости первый членъ должно увеличивать, а второй уменьшать.

При постоянной величинѣ U, первый членъ будетъ увеличиваться при увеличиваніи числителя $nBC^2 . r$, т. е. при увеличиваніи количествъ B, C и r.

Отсюда видно, 1) *что при одинаковыхъ условіяхъ, остойчивость того корабля будетъ болѣе, у коего поперечныя сѣченія или шпангоуты имѣютъ большую ширину, при грузовой ватерлиніи въ прямомъ и наклонномъ положеніяхъ.* Но отъ увеличиванія ширины шпангоутовъ, при грузовой ватерлиніи, увеличивается и площадь ватерлиніи, слѣдовательно:

2) *Остойчивость того корабля болѣе, который имѣетъ большую площадь грузовой ватерлиніи.*

§ 44. Изъ того же правила слѣдуетъ, что при той же ширинѣ и площади грузовой ватерлиніи, остойчивость у того корабля будетъ болѣе, у коего болѣе ширина и площадь грузовой ватерлиніи въ наклонномъ положеніи. Увеличеніе сей послѣдней площади зависитъ отъ образованія обводовъ шпангутовъ выше и ниже грузовой ватерлиніи.

Пусть (черт. 7, 8, 9,) будутъ три тѣла одинаковой длины и ширины при грузовой ватерлиніи въ прямомъ положеніи. У тѣла черт. 7 бока, выше и ниже грузовой ватерлиніи, наклонны на внѣшнюю сторону; у тѣла черт. 8 они вертикальны; а у тѣла черт. 9 они уклонены на внутреннюю сторону. Положимъ что сіи три тѣла накренены на одинаковый уголъ γ. Нужно опредѣлить, котораго изъ сихъ тѣлъ остойчивость болѣе.

Явно, что въ первомъ тѣлѣ, ширина въ наклонномъ его положеніи самая большая, а слѣдовательно и остойчивость его болѣе прочихъ. Въ тѣлѣ черт. 9 остойчивость будетъ наименьшая, потому что оно имѣетъ меньшую ширину въ наклонномъ положеніи. Въ тѣлѣ же черт. 8 остойчивость болѣе, нежели въ двухъ первыхъ.

Должно замѣтить, что мореходныя суда не могутъ имѣть такого образованія какъ тѣло черт. 7, ибо тогда не льзя соблюсти другихъ качествъ. По сей причинѣ, при образованіи шпангоутовъ, наблюдать должно, *чтобы обводы ихъ, выше и ниже грузовой ватерлиніи, не уклонялись на внутреннюю сторону, а направлялись бы вертикально до наибольшаго угла наклоненія*. Впрочемъ это условіе можно соблюсти только на миделѣ и ближайшихъ къ нему шпангоутахъ, а въ носу и въ кормѣ они по необходимости выходятъ уклонными на внѣшнюю сторону.

§ 45. Вмѣстительность подводной части корабля, означенная въ формулѣ чрезъ U, входитъ въ знаменателя перваго члена, и потому должно оную уменьшать, т. е. изъ двухъ судовъ одинаковыхъ размѣреній остойчивость того будетъ менѣе, у котораго болѣе водоизмѣщеніе.

Впрочемъ водоизмѣщеніе есть всегда количество постоянное, для судовъ извѣстнаго ранга, слѣдовательно какая бы ни была величина его, всегда можно доставить кораблю желаемую степень остойчивости.

§ 46. Второй членъ g формулы показываетъ, что для увеличенія остойчивости корабля, нужно *уменьшать разстояніе между центромъ тяжести и центромъ величины.* Этого можно достигнуть двоякимъ образомъ, возвышая центръ величины, или понижая центръ тяжести.

Положеніе центра величины зависитъ отъ образованія подводной части. Если бы она имѣла видъ параллелепипеда, то центръ величины находился бы отъ грузовой ватерлиніи въ разстояніи равномъ половинѣ глубины судна. Когда же подводная часть будетъ призма, у которой основаніе мидель-шпангоутъ, имѣющій видъ треугольника, коего вершина при килѣ, а основаніе на грузовой ватерлиніи, то отстояніе центра величины отъ оной будетъ равно одной трети глубины. Обыкновенное образованіе подводной части судна таково, что вмѣстительность его болѣе вышеприведенной призмы и менѣе параллелепипеда. И потому отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи во всякомъ суднѣ не болѣе половины, и не менѣе одной трети глубины судна, до верхней кромки киля.

§ 47. Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи зависитъ также отъ отношенія между глубиною и шириною судна при грузовой ватерлиніи. Увеличивая глубину и уменьшая ширину, можно достигнуть до того, что судно не будетъ имѣть остойчивости. Когда подводная часть имѣетъ видъ параллелепипеда, составленнаго изъ глав-

ныхъ размѣреній, то остойчивость будетъ тогда равна нулю, когда глубина

$H = B\sqrt{1/3}$, или $H = 0,\ 6\ B$.

Если же подводная часть имѣетъ видъ призмы, у которой основаніе треугольной мидельшпангоутъ, а высота равна длинѣ судна, то $H = 1,4\ B$.

Посему при обыкновенномъ образованіи судна, которое составляетъ средину между двумя первыми, будетъ

$$H = \frac{0{,}6\,B + 1{,}4\,B}{2} = B$$

Изъ сего заключить должно, что для остойчиваго равновѣсія *судна глубина его должна быть менѣе половины наибольшей ширины при грузовой ватерлиніи.*

§ 48. Для возвышенія центра величины, нужно увеличивать площадь грузовой ватерлиніи и уменьшать площади нижнихъ ватерлиній, т. е. *обводы шпангоутовъ должно дѣлать какъ можно полнѣе при грузовой ватерлиніи и острѣе при килѣ.*

Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи бываетъ:

Въ корабляхъ 3хъ дечныхъ около . . . 9 футовъ.
—————————2хъ ——— ——— . . . . 8 ———
Во фрегатахъ большихъ ——— . . . . 6 ———
——————— малыхъ ——— . . . . 5 ———
Въ Бригахъ . . . . 4 ———

§ 49. Изъ формулы остойчивости видно, что центръ тяжести судна должно повозможности приближать къ центру величины. Но этому есть предѣлъ, зависящій отъ другихъ качествъ, и разстояніе между сими центрами никогда не должно быть равно нулю. Изъ теоріи и опы-

товъ извѣстно, что самое выгоднѣйшее положеніе центра тяжести есть то, когда оный находится въ плоскости грузовой ватерлиніи, тогда моменты подводной и надводной части судна въ разсужденіи сей плоскости равны. А какъ величины сихъ моментовъ зависятъ отъ постройки судна и отъ расположенія груза, то размѣренія надводной части, величина мачтъ и парусовъ, расположеніе артиллеріи, и размѣщеніе груза, должны быть приспособлены къ тому, чтобы общій центръ тяжести корабля былъ какъ можно ближе къ грузовой ватерлиніи.

Въ военныхъ корабляхъ, по причинѣ большой тяжести артиллеріи, расположенной въ надводной части, центръ тяжести всегда находится нѣсколько выше грузовой ватерлиніи, и чтобы приблизить его къ сей линіи то должно:

1) Дѣлать, какъ можно, менѣе высоту надводной части.

2) Различные члены, входящіе въ составъ корабля, по мѣрѣ удаленія ихъ отъ киля, дѣлать тоньше, нежели въ низу.

3) Всѣ тяжелыя вещи, составляющія нагрузку корабля, располагать въ подводной части какъ можно ниже, а въ надводной помѣщать грузъ самый необходимый. Для этого во всякомъ военномъ суднѣ бываетъ достаточное количество чугуннаго баласта, который, располагаютъ въ самомъ низу корабля и тѣмъ способствуютъ къ уравновѣшенію надводнаго момента съ подводнымъ.



Приближенный способъ остойчивости.

§ 50. Въ этомъ способѣ предполагается, что уголъ наклоненія чрезвычайно малъ. Хотя сіе предположеніе и не согласно съ практикою, потому что уголъ наклоненія корабля простирается иногда до 20°, но выводы, которые можно получить въ семъ случаѣ, совершенно достаточны для рѣшенія вопросовъ, относящихся къ остойчивости. Ибо явно, что если судно имѣетъ достаточную остойчивость, при весьма маломъ углѣ наклоненія, то оная сдѣлается еще болѣе съ увеличеніемъ угла наклоненія.

Пусть ADB (черт. 10) представляетъ вертикальный отсѣкъ судна, имѣющій малую толщину r; AB грузовая ватерлинія въ прямомъ его положеніи.

Положимъ что судно отъ дѣйствія нѣкоторой силы накренилось на чрезвычайно малый уголъ $BCF = \varphi$, и что грузовая его ватерлинія приняла положеніе EF. Въ семъ случаѣ можно допустить, что ширина судна въ прямомъ и наклонномъ его состояніи та же, т. е. $BC = CF$.

Пусть a и b, центры тяжести треугольниковъ BC и ACE; на прямую EF опустимъ перпендикуляры ap, bq; тогда pq будетъ разстояніе, перейденное центромъ тяжести треугольника AEC по горизонтальному направленію; по малости угла наклоненія, *можно допустить* что $bc = cq$; но какъ $bc = \frac{2}{3}\ CH = \frac{2}{3}\ BC$, слѣдовательно $bd = \frac{4}{3}\ BC$; означивъ полуширину BC чрезъ B, имѣемъ $pq = \frac{4}{3}\ B$.

Площадь треугольника $BCF = \frac{1}{2}\ BC \,.\, CF \sin \varphi$, но какъ $BC = CF = B$, слѣдовательно

Площ. треуг. $BCF = \frac{1}{2}\ B^2 \sin \varphi$.

Вставляя сіи величины въ прежденайденную формулу остойчивости, имѣемъ

$$GZ = \left(\frac{2/_3 \, B^3 r}{U} - g\right) \sin \phi.$$

Вотъ формула, выражающая приближенную величину остойчивости отсѣка, имѣющаго нѣкоторую малую толщину r.

Сравнивая сію формулу съ формулою $GZ = \left(\frac{nBC^2 r}{2\nu} - g\right) \sin \phi$ § 42, видимъ, что здѣсь не входитъ ширина судна въ наклонномъ положеніи; отсюда слѣдуетъ, что остойчивость трехъ различныхъ тѣлъ показанныхъ въ § 44 должна быть одинакова, что противно доказанному въ томъ же параграфѣ.

Таковое несогласіе есть слѣдствіе принятаго положенія. Но эта формула весьма облегчаетъ вычисленія остойчивости, а потому и болѣе употребительна.

Если бы ширина судна во всѣхъ точкахъ ея длины была одинакова, то выраженіе остойчивости сего судна сдѣлалось бы

$$GZ = \left(\frac{2/_3 \, B^3 L}{U} - g\right) \sin \phi.$$

гдѣ L представляетъ длину судна или длину оси, въ разсужденіи которой разсматривается остойчивость.

§ 51. Если же вертикально-поперечные отсѣки судна неравны и не подобны, то ширины ихъ будутъ различны: какъ то бываетъ въ образованіи всѣхъ мореходныхъ судовъ.

Въ семъ случаѣ, числитель перваго члена остойчивости, каждаго отсѣка, будетъ выраженъ произведеніемъ изъ куба наибольшей ширины отсѣка на толщину его. Но какъ остойчивость корабля зависитъ отъ остойчивости каждаго отсѣка, то явно, что числитель перваго

члена остойчивости будетъ сумма произведенiй изъ кубовъ ширинъ отсѣковъ на толщины ихъ, т. е. на части длины судна.

Пусть ABC черт. 11 представляетъ обводъ грузовой ватерлинiи корабля; длину ея AB раздѣлимъ на нѣсколько равныхъ малыхъ частей DE, EF, FS и т. д.; и чрезъ точки дѣленiй проведемъ ординаты грузовой ватерлинiи; отъ AB, по продолженнымъ ординатамъ, положимъ величины равныя кубамъ ординатъ грузовой ватерлинiи, и чрезъ точки c, e, f, ... проведемъ согласную кривую линiю AcfB, которой ординаты будутъ кубы соотвѣтствующихъ ординатъ грузовой ватерлинiи. Каждый изъ прямоугольниковъ, какъ DEce, представитъ произведенiе изъ куба ширины CD на DE, толщину отсѣка; произведенiе это дастъ величину числителя перваго члена остойчивости отсѣка, коего ширина CD, а толщина DE. Такимъ же образомъ каждый изъ другихъ прямоугольниковъ представитъ числителя перваго члена, соотвѣтственнаго ему отсѣка.

Отсюда можемъ заключить, что сумма всѣхъ подобныхъ прямоугольниковъ, т. е. площадь кривой линiи AcefB будетъ изображать числителя перваго члена остойчивости всего корабля. Означивъ сiю площадь чрезъ P, будемъ имѣть мѣру остойчивости корабля

$$GZ = \left(\frac{{}^2/_3 P}{U} - g\right) \sin.\varphi \ldots\ldots (3),$$

гдѣ P представляетъ площадь такой кривой линiи, которой длина равна длинѣ корабля, а ординаты ея суть кубы соотвѣтствующихъ ширинъ грузовой ватерлинiи; количество U изображаетъ вмѣстительность подводной части

судна; g разстояніе между центромъ тяжести и центромъ величины корабля.

§ 52. По формулѣ (3) легко вычислить мѣру остойчивости корабля, если будутъ извѣстны количества P, U и g. Количевство P, представляя площадь кривой линіи, можетъ быть опредѣлено по одному изъ выше изложенныхъ способовъ. Пусть a, b, c, d, e и проч. представляютъ величины ординатъ грузовой ватерлиніи, которыя могутъ быть измѣрены на чертежѣ полуширοты грузовой ватерлиніипа различныхъ равноотстоящихъ шпангоутахъ. Полагая m разстояніе между ординатами найдется

$$P = (\tfrac{1}{2} a^3 + b^3 + c^3 + d^3 + e^3 + \ldots + \tfrac{1}{2} h^3)\, m.$$

По сей формулѣ не трудно опредѣлить количество P, для всякаго судна по данному чертежу.

Имѣя чертежъ, также легко можно опредѣлить количества U и g.

§ 53. Положимъ что $\frac{\tfrac{2}{3}P}{U} = e$, тогда формула остойчивости будетъ:

$$GZ = (e - g)\sin\varphi.$$

Отъ центра величины O, черт. 12, по діаметральной плоскости въ верхъ, положимъ OM=e, и OG=g, то MG будетъ равна OM — O G = e—g; положимъ еще, что e—g = d, тогда

$$GZ = d.\sin.\varphi.$$

При постоянной величинѣ g, остойчивость будетъ измѣняться отъ измѣненія количества e. Когда e больше g, т. е. когда точка G ниже M, то мѣра отстойчивости положительная; когда же e равна g, т. е. когда точка G

совмѣщается съ M, то $GZ = o$ и судно не будетъ имѣть остойчивости; на конецъ когда e меньше g, т. е. когда точка G выше M, то остойчивость будетъ отрицательная. Въ такомъ положеніи судно не можемъ оставаться ни на одно мгновеніе. Отсюда, слѣдуетъ, что для остойчивости необходимо, чтобы e было больше g, или чтобы точка M была выше G. Сія точка M, составляющая предѣлъ возвышенію центра тяжести судна, называется *метацентръ*. Разстояніе GM между симъ центромъ и центромъ тяжести, можно принять за мѣру остойчивости. И какъ D означаетъ вѣсъ корабля въ полномъ грузу, то моментъ остойчивости его выразится:

$$D.\ GZ = Dd.\ \sin.\ \varphi.$$

Отсюда видно, что для увеличенія остойчивости нужно *увеличивать разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести.*

§ 54. Разсматривая формулу остойчивости корабля, видимъ, что она не можетъ имѣть наибольшей величины. И подлинно не возможно, чтобы корабль совсѣмъ не кренился, равнымъ образомъ не стерпимъ и недостатокъ остойчивости. Итакъ мы должны себя ограничить тѣмъ, чтобъ доставить кораблю достаточную остойчивость. Къ рѣшенію сего вопроса не прежде приступить мы можемъ, какъ опредѣливъ сперва, какую степень остойчивости можно почитать за достаточную для военнаго корабля. Искуснѣйшіе мореплаватели вообще согласны, что тотъ двухдечный корабль благонадеженъ, какъ хорошо носить паруса, такъ и быть съ пользою въ бою, который, имѣя пушки нижняго дека съ одной стороны въ кораблѣ, а съ другой выдвинутые за бортъ и людей по

мѣстамъ къ бою разставленныхъ, не накренится больше, 5^{ти} дюймовъ, или вообще, уголъ наклоненія всякаго линейнаго корабля, подъ тяжестію одной нижней батареи не долженъ превышать 1°. Сила людей, по причинѣ безконечнаго измѣненія, могущаго быть какъ въ вѣсѣ ихъ, такъ и въ разстояніи отъ діаметральной плоскости, не столь удобно опредѣлена быть можетъ; величина же момента батареи есть количество постоянное и лучше можетъ служить основаніемъ точныхъ вычисленій. Основываясь на семъ правилѣ, можно опредѣлить остойчивость корабля вооруженнаго, когда онъ еще въ портѣ.

Когда корабль въ морѣ подъ парусами, при свѣжемъ брамсельномъ вѣтрѣ, несетъ марсели, брамсели, кливеръ и контръ-бизань и идетъ въ бейдевиндъ 6^{тью} румбами отъ вѣтра, то уголъ крена его въ семъ случаѣ долженъ быть не болѣе 7°. Остойчивость такого корабля почитается за достаточную, ибо излишекъ оной можетъ повредить боковой качкѣ, а недостатокъ, или когда кренъ болѣе 7°, сдѣлаетъ корабль неспособнымъ для сраженія въ линіи. Руководствуясь симъ правиломъ, можно испытать остойчивость корабля въ морѣ подъ парусами.

§ 55. Изъ предъидущихъ правилъ явствуетъ, что остойчивость корабля зависитъ главнѣйше отъ большаго возвышенія метацентра надъ центромъ тяжести. И потому разсмотримъ, какъ велико должно быть это разстояніе для достаточной остойчивости.

Положимъ, что P представляетъ вѣсъ пушекъ нижняго дека съ одной стороны, выдвинутыхъ за бортъ, и перейденное ими разстояніе, то Pn будетъ моментъ пушекъ выдвинутыхъ за бортъ, или моментъ кренящей си-

лы. Положимъ еще, что отъ дѣйствія этого момента корабль накренился на нѣкоторый уголъ φ, тогда моментъ кренящей будетъ силы равенъ моменту остойчивости, т. е.

$$Pn = D.\ d.\ \sin.\varphi.$$

гдѣ *D* представляетъ водоизмѣщеніе, d разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести. Отсюда имѣемъ

$$d = \frac{Pn}{D.\ \sin.\varphi}.$$

Здѣсь количества P, и D извѣстны, и $\varphi = 1^\circ$, то легко найдется d, т. е. разстояніе центра тяжести отъ метацентра.

Отстояніе метацентра отъ центра величины найдется по формулѣ § 57.

Такимъ образомъ, произведя вычисленія получимъ:

	Корабли.		Фрегаты.		Бриги.
	3 дечн.	2 дечн.	боль.	мал	
Удаленіе центра тяжести отъ центра величины. . . . g	11,5	9,9	6,75	5,0	4,4
Удаленіе центра величины отъ грузовой ватерлиніи. . .	9,15	8,4	6,25	5,0	4,4
Удаленіе метацентра отъ центра величины. . . . . e	15,5	14,2	12	10	9
Разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести. . . . . e—g=d	4,0	4,3	5,25	5,0	4,6

§ 56. Когда разсматриваемъ чертежъ судна, и желаемъ удостовѣриться, будетъ ли оно, построенное по этому чертежу, имѣть достаточную остойчивость; то вопервыхъ нужно опредѣлить положеніе центра величины и метацентра, и, принявъ въ разсужденіе отстояніе центра тяжести отъ грузовой ватерлиніи, наблюдать, чтобы высота метацентра надъ центромъ тяжести была не менѣе 4 футовъ. Въ противномъ случаѣ судно, построенное по таковому чертежу, не будетъ имѣть достаточную остойчивость.

§ 57. Общій способъ, для опредѣленія мѣста центра тяжести корабля отъ грузовой ватерлиніи, по моментамъ частей подводнаго и надводнаго груза, не можетъ быть употребленъ на практикѣ по своей сложности. Формула предъидущаго параграфа даетъ легкое средство опредѣлить удаленіе центра тяжести отъ метацентра, но только тогда, когда уже корабль вооруженъ и нагруженъ.

И такъ положимъ, что корабль вооруженъ и нагруженъ. Въ семъ случаѣ, для опредѣленія центра тяжести нужно накренить корабль какою либо извѣстною силою. Напримѣръ, если пушки нижняго дека съ одной стороны будутъ въ кораблѣ, а съ другой выдвинуты за бортъ, то очевидно, что центръ тяжести сей послѣдней батареи отойдетъ отъ діаметральной плоскости на разстояніе пройденное одною изъ пушекъ. Въ семъ случаѣ вѣсъ пушекъ выдвинутыхъ за бортъ, умноженный на разстояніе перейденное общимъ центромъ тяжести ихъ будетъ представлять моментъ кренящей силы. Пусть P представляетъ вѣсъ пушекъ нижняго дека со станками на одной сторонѣ, m отстояніе центра тяжести пушекъ, когда они выдвинуты за бортъ, n разстояніе, пройденное каждою пушкою,

когда она вдвинута въ корабль, а слѣдовательно разстояніе пройденное общимъ центромъ тяжести всѣхъ пушекъ съ одной стороны вдвинутыхъ въ корабль; то Pm будетъ моментъ пушекъ выдвинутыхъ за бортъ, а P(m—n) моментъ пушекъ, что въ кораблѣ.— Разность сихъ моментовъ

$$Pm - P(m - n) = Pm - Pm + Pn = Pn.$$

будетъ моментъ кренящей силы.

Уголъ φ крена опредѣлится посредствомъ угломѣра или ватерпаса, прибитаго къ гротъ мачтѣ. Итакъ всѣ количества P, n, φ и D будутъ извѣстны, то найдемъ что

$$d = \frac{Pn}{D \cdot \sin \varphi}.$$

т. е. d, отстояніе центра тяжести отъ мета-центра.

§ 58. Въ семъ случаѣ предполагается, что передвинутый вѣсъ дѣйствуетъ въ одинаковомъ разстояніи отъ центра тяжести корабля, какъ въ прямомъ, такъ и въ наклонномъ положеніи. При самыхъ малыхъ наклоненіяхъ это положеніе безъ погрѣшности допустить можно, но когда уголъ наклоненія болѣе 5°, то нужно въ формулѣ сдѣлать нѣкоторую поправку.

Пусть прямая ASL, черт. 12, проходящая чрезъ G, центръ тяжести корабля, представляетъ діаметральную плоскость прямостоящаго корабля. Положимъ, что отъ G передвинутъ горизонтально нѣкоторой вѣсъ P, на разстояніе GP = n, отчего корабль накренится на уголъ ASa = φ такъ, что прямая ASL придетъ въ положеніе aGL Очевидно, что при семъ наклоненіи и вѣсъ P перейдетъ

въ точку p, на разстояніе $Gp = GP = n$, отъ прямой ai; посему, проведя вертикальную прямую po, будемъ имѣть $P.Go = Pn.\ Cos\ \phi$, моментъ груза наклонившій корабль, который долженъ быть равенъ моменту остойчивости, т. е. $Pn.\ Cos\ \phi = Dd.\ sin.\ \phi$, или $Pn = Dd.\ tang\ \phi$

Откуда также имѣемъ $d = \frac{Pn}{D.\ tang.\ \phi}$

§. 59. Объяснивъ главныя правила остойчивости, покажемъ средства увеличивать сіе качество въ корабляхъ уже построенныхъ, въ которыхъ оказался недостатокъ остойчивости.

Разсматривая формулу видимъ, что увеличить остойчивость построеннаго корабля можно двоякимъ образомъ, 1) уменьшеніемъ втораго члена и 2) увеличеніемъ перваго. Для уменьшенія втораго члена должно понизить центръ тяжести.

Извѣстно, что если въ системѣ тѣлъ одно будетъ передвинуто на какое либо разстояніе, то и общій центръ тяжести всей системы перейдетъ въ туже сторону на разстояніе равное передвинутому вѣсу, умноженному на перейденное имъ разстояніе, и раздѣленному на вѣсъ всей системы. Итакъ когда желаемъ понизить центръ тяжести, то должно какой либо вѣсъ, находящійся выше сего центра, перенести въ низъ, отчего и центръ тяжести корабля опустится на разстояніе, которое найдется слѣдующимъ образомъ: Пусть D представляетъ вѣсъ корабля, P передвинутый вѣсъ, n разстояніе, на которое вѣсъ P передвинутъ x разстояніе перейденное центромъ тяжести всего корабля. То будемъ имѣть:

$$x = \frac{nP}{D}$$

т. е. *Должно переносимый вѣсъ умножить на пройденное имъ разстояніе и произшедшій выводъ раздѣлить на* вѣсъ всего корабля.

Разсматривая дробь $\frac{nP}{D}$ видимъ, что знаменатель ее имѣетъ величину постоянную и гораздо большую противъ количества P, а по сему и количество x не можетъ имѣть значительной величины.

Это заключеніе совершенно подтверждается на опытѣ.

Положимъ, что корабль имѣетъ недостаточную остойчивость, и предлагается исправить оную прибавленіемъ въ трюмѣ баласта, неизмѣняя однакожъ водоизмѣщенія корабля, и высоты нижней его батарей отъ воды. Сіе условіе можно соблюсти неиначе, какъ замѣнивъ баластомъ какую либо часть полезнаго груза въ кораблѣ, наприм. провизіи, или воды.

И такъ положимъ, что изъ корабля вынуто половинное количество провизій и воды, и замѣнено чугуннымъ баластомъ.

Пониженіе центра тяжести найдется по формулѣ $x = \frac{nP}{D}$, гдѣ P = 26558 куб. фут. (*) D = 102149. куб. фут. n = 1, 8, фут. посему x = 0, 46 фут.

Этотъ примѣръ достаточно показываетъ, какъ мало понижается центръ тяжести построеннаго корабля, чрезъ перемѣщеніе груза, а соотвѣтственно сему ничтожно будетъ и измѣненіе остойчивости, ибо уголъ крена, послѣ прибавки баласта, уменьшился только на 29′,9, что въ практикѣ почти незамѣтно.

(*) Количества P и D выражены въ куб. футахъ воды, полагая каждый изъ сихъ футовъ вѣсомъ 1,8 пуда или 72 фунта.

Если пушки верхней батареи будутъ опущены въ трюмъ и положены на мѣстѣ баласта, тогда общій центръ тяжести опустится только на 0,335 фут. а уголъ крена уменьшится на 20′.

Всѣ сіи примѣры показываютъ, что если корабль по образованію своему мало остойчивъ, то никакою перекладкою груза не льзя достаточно усилить въ немъ сіе качество, хотябы рѣшились сдѣлать для сего весьма важныя пожертвованія.

§ 60. Если не льзя довольнымъ пониженіемъ центра тяжести увеличить остойчивости, то можно, уменьшивъ высоту мачтъ, стеньгъ и вообще всей парусности, уменьшить моментъ той силы, которая производитъ наклоненіе. Но сей способъ более служитъ къ прикрытію, нежели къ исправленію излишней валкости судна; а притомъ вредитъ качеству скораго хода, ибо, сдѣлавъ менѣе площадь парусовъ, уменьшаемъ дѣйствіе силы вѣтра.

§ 61. Единственное средство поправить недостатокъ остойчивости въ построенномъ кораблѣ состоитъ въ томъ, чтобы по внѣшней поверхности подводной, черт. 13. его части приложить изъ легкаго дерева надѣлку, которая бы у грузовой ватерлиніи имѣла достаточную толщину, а къ низу постепенно была тоньше, и оканчивалась бы въ высотѣ отъ киля не меньшей половины глубины корабля, но такъ чтобы не измѣняла площади мидель шпангоута. Горизонтальное сѣченіе сей обшивки при грузовой ватерлиніи означено на черт. 13, который показываетъ, что сію обшивку должно начинать отъ мидель шпангоута и продолжать къ носу и къ кормѣ, нисколько не увеличивая главной ширины корабля.

Очевидно, что отъ прибавочной обшивки увеличивается площадь грузовой ватерлиніи, то остойчивость необходимо должна увеличиться.

черт. 14. Показываетъ вертикальное сѣченіе обшивки на мидель-шпангоутѣ, гдѣ она, начинаясь отъ главной ширины при грузовой ватерлиніи, идетъ къ низу и къ верьху напѣтъ. Чрезъ это увеличивается ширина судна въ наклонномъ положеніи, и потому остойчивость должна увеличиться. Въ тоже время поднимается центръ величины, что равнымъ образомъ способствуетъ къ увеличенію остойчивости.

§ 62 Сообразивъ все сказанное въ сей главѣ объ остойчивости, видимъ, что для увеличенія сего качества въ кораблѣ, должно:

1) Увеличить площадь грузовой ватерлиніи.

2) Шпангоуты выше и ниже грузовой ватерлиніи дѣлать вертикально до наибольшаго угла наклоненія.

3) Центръ тяжести помѣщать въ плоскости грузовой ватерлиніи, или какъ можно къ ней ближе.

4)Центръ величины приближать къ грузовой ватерлиніи, дѣлая менѣе глубину подводной части корабля

5) Увеличивать разстояніе между центромъ тяжести и метацентромъ. Соблюдая сіи правила, при образованіи подводной части корабля, можно доставить ему остойчивость въ самой высокой степени; но если корабль по образованію своему имѣетъ сіе качество въ недостаточной степени, то и съ большими пожертвованіями весьма трудно оное усилить.

ГЛАВА IV.

О СОПРОТИВЛЕНІИ ВОДЫ.

§ 63. Когда тѣло, плавающее въ водѣ, находится въ покоѣ, то сумма вертикальныхъ давленій на подводную его часть уничтожается вѣсомъ его; а дѣйствіе горизонтальныхъ давленій по всѣмъ направленіямъ равно нулю, ибо они взаимно разрушаются. Но если тѣло будетъ понуждаемо къ движенію нѣкоторою силою, то вода противупоставляетъ ему препятствіе, которое замедляетъ движеніе тѣла. Это препятствіе называется *сопротивленіемъ воды*. Знаменитый Ньютонъ первый началъ математически изслѣдовать законы сопротивленія воды и основалъ свою теорію на слѣдующихъ предположеніяхъ:

1) Частицы воды, противупоставляющія сопротивленіе движущемуся въ ней тѣлу, дѣйствуютъ одна отъ другой независимо.

2) Давленіе текущей воды на неподвижное тѣло равно сопротивленію, которое то же тѣло претерпѣваетъ, двигаясь равномѣрно со скоростію равною скарости теченія воды.

3) Сопротивленіе воды зависитъ только отъ передней части тѣла.

§ 64. Основавъ на сихъ началахъ теорію сопротивленія воды, Ньютонъ вывелъ слѣдующіе законы:

1) Сопротивленіе воды на плоскость, движущуюся перпендикулярно къ направленію движенія, пропорціонально величинѣ ея и квадрату скорости движенія. Но опыты показали, что это отношеніе тогда только справедливо, когда площади совсѣмъ погружены въ воду. Но когда часть площади будетъ надъ водою, то выходитъ:

	кв. ф.		по теоріи	по опыту
на площ.	9	сопротивленіе	9	9
	16	———	16	17,53
	36	———	36	42,75
	81	———	81	104,73

2). Отсюда видно, что разность между выводами теоріи и опытовъ, возрастаетъ по мѣрѣ увеличиванія движущейся площади.

Когда движущаяся плоскость составляетъ косвенный уголъ съ направленіемъ движенія, то сопротивленіе воды пропорціонально 1.) площади, 2.) квадрату скорости и 3.) квадрату синуса угла паденія воды. Такимъ образомъ, означивъ чрезъ R и S сопротивленіе воды на двѣ площади A и B, α и β углы паденія, и и U, скорости, будемъ имѣть:

$$R : S = AU^2 . \sin.^2 \alpha : BU^2 \sin^2 . \beta$$

Опыты, которые были производимы въ разныхъ государствахъ и особенно во Франціи и Англіи, показали, что законъ квадрата синуса угла паденія можно допустить, какъ приближеніе только тогда, когда уголъ паденія не менѣе 60°. Но для угловъ меньшихъ 60° сопротивленіе по опыту далеко превосходитъ сопротивленіе по теоріи.

Выводы сихъ опытовъ можно видѣть изъ слѣдующей таблицы:

уголъ носа	уголъ паденія	по теоріи	по опыту
180	90	10,000	10,000
168	84	9,890	9,893
144	72	9,045	9,084
120	60	7,500	7,710
96	48	5,523	6,148

72	36	3,455	4,800
48	24	1,654	4,240
24	12	0,432	4,063
12	6	0,109	3,999

Въ тѣлахъ, которыхъ передняя сторона имѣетъ видъ кривой поверхности, сопротивленіе по опыту выходитъ значительно менѣе, нежели по теоріи.

Послѣ Нютона многіе ученые занимались изслѣдованіемъ законовъ сопротивленія воды; но, основывая свои теоріи на ложныхъ началахъ, не могли открыть истины. Изъ сихъ теорій достойна замѣчанія теорія Ромма, хотя также несправедлива, но болѣе другихъ удовлетворительная на практикѣ.

§ 65. Изъ законовъ гидростатики извѣстно, что давленіе, производимое водяною частицею, находящеюся въ покоѣ, пропорціонально удаленію сей частицы отъ верха воды; равно и скорость, съ которою водяная частица вытекаетъ изъ малѣйшаго отверстія, сдѣланнаго на днѣ или на боку сосуда, пропорціональна тому же удаленію частицы отъ верха воды. Отсюда заключаемъ, что давленіе водяной частицы и стремленіе ея бѣжать во всѣ стороны пропорціонально удаленію сей частицы отъ горизонта воды.

И такъ, если водяная частица находится отъ верха жидкости въ разстояніи q, и если какое либо обстоятельство позволитъ сей частицѣ бѣжать по нѣкоторому направленію со скоростію соотвѣтствующею высотѣ h, то уже стремленіе ея бѣжать во всѣ стороны, а посему и производимое ею во всѣ стороны давленіе, будетъ пропорціонально $q - h$, т. е. давленіе частицы воды текущей мимо тѣла соразмѣрно углубленію сей частицы отъ верха воды, уменьшенному высотою, соотвѣтствующею скорости тече-

нія. Сіе заключеніе совершенно подтверждается опытами Ромма, произведенными на рѣкѣ Шарентѣ.

§ 66. Роммъ взялъ двѣ трубки, одну AB черт. 15 прямую, другую CDB искривленную; въ каждой изъ сихъ трубокъ былъ поплавокъ GHK, съ прикрѣпленнымъ къ нему прутикомъ, раздѣленнымъ на футы и дюймы. Сіи трубки, вмѣщая въ себѣ поплавки, сначала были погружены въ тихую воду вертикально, до нѣкоторой высоты, напримѣръ до точки M, и замѣчено какому дѣленію прутика соотвѣтствовало верхнее отверстіе каждой трубки. Потомъ трубки погружены были въ текучую воду до той же точки M, такъ что нижнее колено DB искривленной трубки направлено было по теченію; и тогда замѣчено, что поплавки въ обѣихъ трубкахъ опустились на одинъ дюймъ ниже того положенія, которое имѣли они въ тихой водѣ, т. е. на одинъ дюймъ ниже горизонта окрестныхъ водъ. Потомъ колено DB искривленной трубки было поставлено перпендикулярно направленію теченія, оставляя трубку въ томъ же вертикальномъ положеніи, и поплавокъ также оставался пониженнымъ на одинъ дюймъ. Во время сихъ опытовъ Роммъ нашелъ, что скорость теченія воды была $2^1/_3$ фута въ секунду. Вычисляя по формулѣ $h = \frac{u^2}{2p}$, Онъ нашелъ, что высота соотвѣтствующая сей скорости была 1,08 дюйма, которая почти та же, что и пониженіе замѣченное въ трубкѣ. Изъ сего видно, что давленіе текущей воды на нижній конецъ трубки уменьшается пропорціонально высотѣ соотвѣтствующей скорости теченія воды.

Продолжая свой опытъ, Роммъ обратилъ колено DB искривленной трубки противъ теченія; тогда поплавокъ въ сей трубкѣ поднялся на одинъ дюймъ выше стоянія его въ тихой водѣ. Отсюда слѣдуетъ, что давленіе текущей воды на тѣло поставленное противъ теченія увеличивается пропорціонально высотѣ соотвѣтствующей скорости теченія.

§ 67. Положивъ сіе, разсмотримъ сопротивленіе воды на призму, которой передняя и задняя стороны вертикальны, и къ направленію движенія перпендикулярны. Для сего должно изслѣдовать вопервыхъ, какимъ образомъ тѣло дѣйствуетъ на окружающую его жидкость, разверзая себѣ путь посреди ея, и какимъ образомъ жидкость собирается вокругъ тѣла, которое возмущаетъ ея покой, будучи всегда окружено ею. Доколѣ призма была въ покоѣ, горизонтальное давленіе на переднюю сторону ея было въ равновѣсіи съ горизонтальнымъ давленіемъ на заднюю сторону. Но когда призма начнетъ двигаться, то она должна себѣ открыть путь въ жидкости, прогнавъ передъ собою водяныя частицы и оставляя позади себя пустоту, которую тотчасъ наполняетъ вода, объемлющая призму, будучи понуждаема къ тому окрестною жидкостію. Для простоты изслѣдованія, положимъ что призма, которой передняя вертикальная сторона А В К Н, раздѣлена горизонтальными плоскостями на множество тончайшихъ словъ; пусть будетъ ABDC основаніе одного изъ сихъ слоевъ, а AL высота его. Надлежитъ вопервыхъ опредѣлить частное сопротивленіе на каждый изъ таковыхъ слоевъ, дабы потомъ судить о сопротивленіи на всю движущуюся призму. Положимъ, что она движется по направленію EG, перпендикулярному къ

AB съ равномѣрною скоростію, соотвѣтствующею высотѣ h; количество q, углубленіе слоя отъ верха воды, а площадь AMBL передней стороны отсѣка. Когда призма въ покоѣ, то давленіе на сію сторону измѣряется вѣсомъ водянаго столба, котораго основаніе сія самая площадь, а высота q (§ 65), но когда тѣло въ движеніи, тогда передняя сторона давитъ, или понуждаетъ бѣжать передъ собою жидкость со скоростію, соотвѣтствующею высотѣ h, тогда жидкія частицы, давимыя площадью ABML, находятся въ такомъ состояніи, какъ бы онѣ были давимы вѣсомъ водянаго столба, коего высота $q+h$. Ибо когда тѣло было въ покоѣ, тогда давленіе было пропорціонально q, но въ случаѣ движенія отъ скорости тѣла, высота призмы, измѣряющей давленіе на сторону ABML, необходимо должна увеличиться на количество h, или на высоту, соотвѣтствующую скорости движенія тѣла.

Опытъ оправдалъ и это разсужденіе. Челнокъ, движимый равномѣрною скоростію, пробѣжалъ 100 футовъ въ 21 секунду; во время движенія, съ борта челнока были погружаемы вертикально двѣ трубки, о коихъ говорено выше, и примѣчено, что когда искривленная трубка была обращена отверстіемъ къ носу челнока, то поплавокъ ея поднялся выше горизонта воды на 4 дюй и 7 линій, а въ прямой трубкѣ на такое же количество понизился. Вычисливъ высоту, соотвѣтствующую скорости движенія челнока, найдемъ, что она будетъ 4 дюй $6^2/_{11}$ линій, что мало разнствуетъ отъ возвышенія поплавка. Изъ сего видно, что давленіе воды на всякую частицу передней стороны тѣла измѣряется вѣсомъ водянаго столба, котораго высота равна удаленію сей частицы отъ верха воды вмѣстѣ съ высотою соотвѣтствующею скорости движенія тѣла.

Итакъ пусть K представляетъ удѣльный вѣсъ воды, v вязкость водяныхъ частицъ; тогда давленіе на переднюю сторону ABML изобразится чрезъ

$$Kva\,(q + h).$$

Давленія воды на обѣ боковыя стороны сего слоя равны и прямопротивны, посему и уничтожаются взаимно.

§ 68. Теперь изслѣдуемъ давленіе на заднюю сторону слоя, которая равна передней ABML.

Когда тѣло начнетъ двигаться, то жидкія частицы, которыя въ состояніи покоя прикасались къ задней его сторонѣ, не могутъ всѣ слѣдовать за убѣгающимъ отъ нихъ тѣломъ. Тѣ изъ нихъ, кои удалены отъ верха воды на количество меньшее нежели высота h, не могутъ получить скорости соотвѣтствующей сей высотѣ, а потому онѣ будутъ отставать отъ задней стороны тѣла, не производя на оную никакого давленія; въ слѣдствіе сего позади тѣла сдѣлается пониженіе воды, котораго глубина равна h, и водяныя частицы, углубленныя болѣе h, прикасающіяся къ призмѣ, отъ дѣйствія окрестной жидкости будутъ стремиться въ верхъ со скоростію соотвѣтствующею высотѣ h. По сей причинѣ давленіе на заднюю сторону слоя, которое въ состояніи покоя было пропорціонально q, въ случаѣ движенія уменьшится и будетъ соразмѣрно $q - h$.

Кромѣ сего вода слѣдуетъ за убѣгающимъ тѣломъ, и потому давленіе ея на заднюю сторону еще уменьшится пропорціонально высотѣ h, соотвѣтствующей скорости движенія тѣла. И потому полное давленіе на заднюю сторону слоя будетъ

$$Kva\,(q - h - h),\ \text{или}\ Kva\,(q - 2h).$$

Сіе давленіе дѣйствуетъ противуположно давленію Kva (q+h) на носовую площадь, то, взявъ разность сихъ количествъ, получимъ производное давленіе воды на весь слой съ носу на корму по направленію GF

$$3\,K\,v\,h\,a.$$

Сіе количество выражаетъ цѣлое давленіе на весь слой призмы; но оно еще не показываетъ полной силы, препятствующей движенію тѣла. Въ самомъ дѣлѣ, тѣло въ движеніи, производя давленіе на части воды окружающія его носъ, заставляетъ ихъ бѣжать по нѣкоторымъ направленіямъ, и потому сопротивленіе воды будетъ болѣе или менѣе смотря по удобности, съ которою водныя частицы убѣгаютъ отъ движущагося тѣла. Означивъ сію удобность чрезъ U, полное сопротивленіе воды на весь слой будетъ

$$\frac{3\,K\,v\,h\,a}{U}.$$

Подобнымъ образомъ найдемъ, что сопротивленіе воды на другой слой будетъ

$$\frac{3\,K\,v\,h\,.\,b}{U},$$

на третій $\frac{3\,K\,v\,h.\,c}{U}$, и такъ далѣе.

Посему полное сопротивленіе на всю призму выразится чрезъ

$$R = \frac{3\,K\,v\,h\,(a+b+c+\dots)}{U} = \frac{3\,K\,v\,h\,.\,A}{U},$$

гдѣ $A = a + b + c + \dots\dots$

О сопротивленіи воды на призму которой носъ и корма углоподобны.

§ 69. Положимъ, что передняя и задняя сторона, размартиваемой нами призмы, накрыты углами составленными изъ двухъ вертикальныхъ плоскостей. Пусть MEDBF, (черт. 16) горизонтальное сѣченіе тѣла, движущагося по направленію EG. Вообразимъ что сіе тѣло разсѣчено горизонтальными плоскостями на весьма тонкіе отсѣки или слои. Возмемъ одинъ такой слой ACEDBF, углубленный отъ верха воды на разстояніе q.

Назовемъ буквою α уголъ, составляемый направленіемъ движенія съ каждою изъ сторонъ носа AJ, BJ. Когда тѣло въ покоѣ, то давленіе воды на носъ AJB по направленію, перпендикулярному къ AB тоже самое, какое претерпѣвала бы AB непосредственно; ибо высота жидкой призмы, измѣряющей то и другое давленіе, есть q, а основаніе *a*. Но когда тѣло движется, то сіи давленія не могутъ быть равны взаимно, хотя основаніе призмъ остается то же *a*. Взявъ по направленію движенія прямую ab, равную скорости u, разрѣшимъ ее на двѣ, изъ коихъ одна ad перпендикулярна къ AF, а другая ac параллельна. Очевидно, что точка a отталкиваетъ отъ себя жидкія частицы токмо первою скоростію, а второю скользитъ мимо ихъ. Въ прямоугольномъ треугольникѣ abc найдется первая скорость bc или $ad = u . \sin . \alpha$. И какъ скорости u соотвѣтсвуетъ высота h, то изъ пропорціи $u^2 : u^2 . \sin^2\alpha = h : x$, найдется $x = h . \sin^2 . \alpha$ высота соотвѣтствующая скорости $u . \sin\alpha$. Подобное разрѣшеніе скорости происходитъ при каждой точкѣ обѣихъ плоскостей, составляющихъ носъ;

слѣдовательно каждая точка носа понуждаетъ жидкость бѣжать предъ собою перпендикулярно скоростію, соотвѣтствующею высотѣ $h\ \sin^2.\alpha$, и посему давленіе на носъ пропорціонально сей сти увеличится, и будетъ

$$Kva\ \ \ + h.\ \sin^2\alpha)$$

Давленіе вод на подобную корму въ состояніи покоя равно тому, какое непосредственно претерпѣла бы сторона CD; но въ движущемся тѣлѣ оно измѣнится. Вообразимъ что слой, занимавшій сначала мѣсто ACEDBF, чрезъ единицу времени перешелъ въ acedbf, такъ что прямая gh, паралельная EG, представляетъ скорость тѣла. Ежели проведемъ gi, перпендикулярную къ плоскости CE, составляющей корму, и назовемъ B уголъ CEF, который сія плоскость дѣлаетъ съ направленіемъ движенія, т. е. уголъ ghe паденія воды на каждую точку кормы, то въ прямоугольномъ треугольникѣ ghi найдется перпендикулярная скорость $gi = u \sin\beta$, а высота соотвѣтствующая сей скорости будетъ $h.\sin^2\beta$.

Равновѣсіе между жидкими частицами окружающими корму имѣетъ мѣсто только тогда, когда тѣло находится въ покоѣ. Если сіе тѣло получитъ движеніе со скоростію u, соотвѣтствующею высотѣ h, то изъ частицъ объемлющихъ корму, всѣ тѣ, коихъ углубленіе болѣе h, слѣдуютъ за удаляющимся отъ нихъ тѣломъ и производятъ давленіе на корму. Частицы углубленныя менѣе h, хотя также будутъ слѣдовать за тѣломъ по направленію gh, но будучи понуждаемы двигатся во всѣ стороны скоростію соотвѣтствующею ихъ углубленію, мгновенно распространяются въ пустотѣ, оставляемой кормою, по направленіямъ таковымъ какъ go, стремясь къ другимъ ея точкамъ; и когда углубленіе сихъ

частицъ менѣе $h.\sin.^2\beta$, то онѣ имѣютъ скорость меньшую нежели $u.\sin.\beta$; но сія скорость есть самая меньшая, коею частица, прикасавшая корму въ нѣкоторой точкѣ, можетъ ее догнать. Отсюда видимъ, что [illegible] углоподобной кормы вода понижается не на колич[illegible]во h, [illegible]ъ позади прямой кормы, но на $h\sin^2\beta$, а [illegible]му [illegible] давленіе на корму соразмѣрно сей высотѣ уме[illegible]шится. Кромѣ того давленіе на корму уменьшается отъ горизонтальной скорости, съ коею сія оконечность убѣгаетъ отъ окружающихъ ее водяныхъ частицъ. И потому давленіе на корму уменьшится еще на количество h и будетъ

$$K\dot{v}a\ (q - h - h.\ \sin^2\beta).$$

Вычтя сіе давленіе изъ носоваго, получимъ полное давленіе на весь слой

$$K\dot{v}h.a\ (1 + \sin^2\alpha + \sin^2.\ \beta).$$

Давленіе же на всю призму будетъ

$Kvh.\ A\ (1 + \sin^2\alpha + \sin^2\beta)$, или полагая $\alpha = \beta$, и A, площадь поперечнаго сѣченія.

$$Kvh\ A\ (1 + 2\ \sin^2\alpha);$$

Принявъ въ разсужденіе удобность, съ которою жидкія частицы убѣгаютъ отъ движущагося тѣла, получимъ сопротивленіе воды на призму, которой носъ и корма углоподобны:

$$R = \frac{K.v.h.\ A\ (1 + \sin^2\alpha + \sin^2.\beta)}{U^a}\ \text{или}$$

$$R = \frac{Kvh\ A\ (1 + 2\ \sin^2\alpha)}{U},$$

гдѣ U представляетъ удобность.

§ 70. U, удобность убѣганія водяныхъ частицъ, соразмѣрна величинѣ угла, составляемаго направленіемъ движе-

нія съ переднею стороною тѣла, или измѣряется угломъ, равнымъ исполненію угла паденія воды на носъ. Ибо, взявъ среднюю частицу F, видимъ, что она, будучи отталкиваема тѣломъ, давитъ окрестную жидкость по столь многимъ направленіямъ, сколько можно изъ точки F въ семъ углѣ провести радіусовъ; сіе самое число направленій опредѣляетъ удобность убѣганія жидкости по обѣимъ сторонамъ тѣла. Отсюда слѣдуетъ, что удобность U зависитъ отъ величины угла *AFS*, который равенъ $180° - \alpha$, и потому предъидущая формула изобразится такъ:

$$R = \frac{Kvh\ A\ (1 + \sin^2.\ \alpha + \sin^2.\ B)}{180° - \alpha},$$

или $$R = \frac{Kvh\ A\ (1 + 2\ \sin^2.\ \alpha)}{180° - \alpha}.$$

ГЛАВА V

О СКОРОСТИ КОРАБЛЯ.

§ 71. Когда корабль въ движеніи, то на него дѣйствуетъ сила вѣтра на паруса и сопротивленіе воды на подводную его часть. Сіи двѣ силы въ равновѣсіи, когда корабль движется равномѣрною скоростію. Чтобы доказать эту истину, вообразимъ что вѣтръ ровный ударяетъ въ паруса свободнаго корабля. При началѣ движенія, когда единственная сила, могущая противиться поступательной скорости корабля, а именно, горизонтальное давленіе воды на подводную его часть равна нулю, вѣтръ ударяетъ въ паруса полною своею силою; но въ слѣдующіе

моменты, хотя совершенная сила вѣтра та же, но относительная его сила въ разсужденіи парусовъ безпрерывно уменьшается, ибо корабль отъ напора вѣтра уходитъ и тѣмъ болѣе, чѣмъ онъ пріобрѣтаетъ большую скорость; въ то же время давленіе воды на носъ дѣлается больше чѣмъ на корму, и избытокъ перваго давленія предъ вторымъ производитъ сопротивленіе или силу, задерживающую корабль, которая также съ увеличивающеюся скоростію возрастаетъ. Итакъ, съ одной стороны отъ безпрерывно уменьшающейся движдущей силы вѣтра, съ другой отъ безпрерывно увеличивающагося сопротивленія воды происходитъ то, что степени скорости, пріобрѣтаемыя кораблемъ послѣдовательно, въ равные моменты, безпрерывно уменьшаются, но при всемъ томъ движеніе корабля ускоряется; ибо степени скорости, пріобрѣтенныя имъ въ первые моменты, и въ слѣдующіе, онъ сохраняетъ по общему закону инерціи тѣлъ. Но когда безпрестанно возрастающее сопротивленіе воды сравнится съ движущею силою вѣтра, тогда обѣ эти силы будутъ въ каждый моментъ разрушаться взаимно и корабль станетъ двигаться равномѣрною скоростію, равною суммѣ скоростей пріобрѣтенныхъ имъ въ предъидущіе моменты. Отсюда видимъ, что корабль имѣетъ сначала движеніе ускорительное, до тѣхъ поръ, пока движущая сила вѣтра не сравняется съ сопротивленіемъ воды; а съ сего времени начинается равномѣрное движеніе, которое продолжается пока въ направленіи, силѣ вѣтра, въ курсѣ и въ расположеніи парусовъ не произойдетъ никакой перемѣны. Всѣ движенія корабля будемъ изслѣдывать въ семъ случаѣ, т. е. полагая, что корабль имѣетъ равномѣрную скорость.

Величина движущей силы, при извѣстной обширности парусовъ и силѣ вѣтра, можетъ быть извѣстна; сопротивленіе же воды зависитъ отъ образованія подводной части, и чѣмъ менье оное, тѣмъ болѣе будетъ равномѣрная скорость корабля.

§ 72. Для опредѣленія сопротивленія воды на корабль, Роммъ производилъ слѣдующіе опыты: Онъ взялъ два тѣла, изъ коихъ одно было полная модель 74пуш корабля *знаменитый*, а другое, та же модель измѣненная, т. е. тѣло, имѣющее ту же длину киля, тотъ же стемъ и старнпостъ, и наконецъ тоже положеніе и образованіе мидель-шпангоута, какъ у перваго, но ватерлиніи были образованы прямыми линіями, идущими отъ мидель-шпангоута къ стему и старнпосту. И такъ сіи два тѣла имѣли общаго, только мидель-шпангоутъ и діаметральную плоскость, какъ показано на черт. 17 и 18. Изъ сихъ чертежей видно, что ватерлиніи, составляющія носъ и корму измѣненной модели суть хорды, соотвѣтствующихъ носовыхъ и кормовыхъ ватерлиній первой. Роммъ, сравнивая сопротивленія воды на каждую изъ сихъ моделей, нашелъ, что онѣ, при одинаковомъ углубленіи, будучи движимы тою же тяжестію, переходили то же разстояніе въ одно и то же время. Потомъ обѣ модели разсѣчены были пополамъ и передняя половина первой модели приставлена была къ задней половинѣ второй, а передняя второй къ задней первой, и въ семъ состояніи оба тѣла переходили то же разстояніе въ одинакое время. Изъ сихъ опытовъ заключить можно, что *какая бы кривая линія ни была, лишь бы только она имѣла правильную и непрерывную кривизну, то сопротивленіе на хорду и на дугу ея почти то же самое.*

§ 73. Основываясь на семъ заключеніи, сыщемъ приближенную величину сопротивленія воды на корабль, движущійся равномѣрною скоростію соотвѣтствующею высотѣ h. Для сего должно раздѣлить подводную часть корабля ватерлиніями на многіе тонкіе слои такъ, чтобъ каждый изъ нихъ можно было почесть за призму; потомъ надлежитъ на чертежѣ измѣрить углы, составляемые хордами ватерлиній въ носу и въ кормѣ съ направленіемъ діаметральной плоскости, тогда, назвавъ буквою α уголъ паденія носовый, а чрезъ β кормовый, получимъ сопротивленіе на одинъ отсѣкъ

$$\frac{Kvh\ (1+\sin^2.\ \alpha+\sin^2\beta)}{180^\circ-\alpha}\ .\ .\ .\ .\ \S\ 70.$$

Такимъ же образомъ выразится сопротивленіе воды на каждый отсѣкъ; взявъ сумму сихъ частныхъ выраженій, получимъ выраженіе сопротивленія воды на корабль.

Но эта формула слишкомъ сложна и не удобоприлагаема. Для упрощенія ея, должно найти уголъ паденія воды на носъ каждаго отсѣка, и взявъ ихъ сумму раздѣлить на число отсѣковъ, получимъ средній уголъ паденія воды на носъ корабля; подобнымъ образомъ найдется средній уголъ паденія воды на корму. Тогда сопротивленіе воды на корабль выразится формулою

$$R=\frac{k.v.h\ (1+\sin^2.\ \alpha+\sin^2\beta)}{180^\circ-\alpha}M,$$

$$R=\frac{k\ v\ h\ (1+2\sin^2\alpha)}{180-\alpha}M,$$

въ первой формулѣ α и β суть средніе углы паденія; а во второй полагаемъ что $\alpha=\beta$, и что въ обѣихъ формулахъ *M* означаетъ площадь мидель-шпангоута.

§ 74. Сія формула даетъ приближенное сопротивленіе воды на корабль; хотя она и не имѣетъ надлежащей точности, но болѣе другихъ формулъ удовлетворительна на практикѣ и особенно потому, что по ней имѣемъ возможность опредѣлить отношеніе сопротивленія воды на корабль къ сопротивленію воды на призму изъ мидель-шпангоута.

Въ самомъ дѣлѣ, сопротивленіе воды на призму изъ мидель-шпангоута выражается формулою:

$$R = \frac{3\ k\ v\ h}{90} M,$$

а сопротивленіе воды на корабль формулою

$$R' = \frac{Kvh\ (1 + 2\sin^2.\alpha)}{180 - \alpha} M,$$

Слѣдовательно

$$R : R' = \frac{3\ K\ v\ h}{90} : \frac{K\ v\ h\ (1 + \sin^2\ \alpha)}{180^\circ - \alpha},\ \text{или}$$

$$R : R' = {}^1/_{30} : \frac{1 + 2\ \sin^2.\ \alpha}{180^\circ - \alpha},$$

$$R : R' = 1 : \frac{(1 + 2\ \sin^2\ \alpha)\ 30}{180^\circ - \alpha}$$

Вотъ отношеніе сопротивленія воды на корабль къ сопротивленію воды на призму изъ миделя. И какъ α, средній уголъ паденія воды на носъ, въ корабляхъ бываетъ около 17°, то будетъ

$$R : R' = 1 : 0{,}18\ (1 + 2.\ \sin^2\ \alpha).$$

§ 75. Опыты показали, что теорія Ромма, при большихъ углахъ паденія воды, менѣе согласуется съ практикою, нежели обыкновенная, при малыхъ же углахъ

паденія, Роммова теорія ближе подходитъ къ опытамъ. Но при всемъ томъ изъ опытовъ Ромма нельзя заключить точно, что сопротивленіе на дугу и на хорду ея всегда одинаково. Ибо 1) самый опытъ надъ моделью, которая имѣла 14 футъ длины, показалъ нѣкоторую разность въ ихъ движеніи, конечно небольшую, – только $1/2$ секунды. 2) Въ опытахъ тѣла, при наименьшей скорости, переходили извѣстное разстояніе въ 24 секунды, а при большихъ скоростяхъ въ 15, и даже въ 13 секундъ. Весьма вѣроятно, что малая разность, которую можно замѣтить въ столь короткое время, произведетъ большую перемѣну въ сопротивленіи воды на тѣло, движущееся довольно значительное время. 3) Въ несправедливости заключенія, изъ опытовъ Ромма, можно также легко убѣдиться, замѣчая движенія кораблей въ морѣ, гдѣ два судна одинаковой величины, имѣя едва замѣтную разность въ образованіи своемъ, весьма примѣтно разнствуютъ скоростями. Изъ сего видно, что предположеніе, по которому сопротивленіе на дугу и на хорду ея одинаково, не совершенно справедливо.

§ 76. Что же касается до образованія подводной части, которая бы имѣла наименьшее сопротивленіе, то ни одна теорія не опредѣляетъ оной, и потому постараемся, хотя приближенно, рѣшить этотъ вопросъ посредствомъ опытовъ и разсужденій. И вопервыхъ приведемъ для сего опыты Тевенарда, которые, хотя и произведены были въ маломъ видѣ, показали выводы болѣе удовлетворительные на практикѣ, нежели другіе; вотъ главнѣйшіе изъ нихъ:

1) Сопротивленіе на кубъ, коего сторона 9 кв. футовъ, составляетъ 0,74 сопротивленія воды на доску, которой площадь то же 9 кв. ф., а толщина 6 дюймовъ

2) Сопротивленіе на тотъ же кубъ, когда передняя сторона его была накрыта угломъ въ 60°, составляетъ 0,42 сопротивленія на кубъ.

3) Сопротивленіе воды на призму, которой носъ въ 60°, а корма въ 30°, составляетъ около 0,75 сопротивленія воды на призму, которой носъ въ 60°, а корма прямая, и около 0,31 сопротивленія на кубъ.

4) Сопротивленіе воды на кубъ, накрытый криволинейнымъ носомъ, составляетъ 0,91 сопротивленія на призму, которой носъ въ 30°, и 0,609 сопротивленія на призму, которой носъ въ 60°.

5) Призма, у которой носъ въ 60°, а корма въ 30°, движась носомъ впередъ, получаетъ меньшее сопротивленіе, нежели когда она движется кормою впередъ. Кромѣ того замѣчено было, что тѣло въ первомъ случаѣ сохраняло прямолинейное движеніе, а во второмъ оно уклонялось въ стороны.

Всѣ сіи опыты ясно показываютъ зависимость сопротивленія воды отъ образованія кормовой оконечности. Изъ нихъ заключаемъ, что для увеличенія скораго хода должно:

1) Носовую часть дѣлать полнѣе кормовой, дабы центръ тяжести находился впереди средины грузовой ватерлиніи; обыкновенно центръ тяжести отстоитъ отъ средины къ носу, въ корабляхъ, отъ $\frac{1}{80}$ до $\frac{1}{60}$ всей длины грузовой ватерлиніи, а во фрегатахъ около $^1/_{50}$ той же длины; Такъ что отстояніе мидель-шпангоута отъ средины къ носу бываетъ около $^1/_{12}$ всей длины. Теорія также не подтверждаетъ этого заключенія, но ежедневныя наблюденія

убѣждаютъ въ справедливости онаго. Лучшій ходокъ нашего флота, безъ сомнѣнія, фрегатъ Паллада, въ немъ центръ тяжести отстоитъ отъ средины около $^1/_{50}$ части длины. Подобнымъ же образомъ помѣщенъ цетръ тяжести въ превосходныхъ фрегатахъ образованія Чапмана. (*)

§ 77 По теоріи, при томъ же углѣ паденія, сопротивленіе воды на площадь выходитъ одинаково, не смотря на положеніе ея; но это заключеніе справедливо только тогда, когда плоскость совсѣмъ погружена въ воду, въ противномъ же случаѣ произойдетъ въ сопротивленіи большая разность.

Пусть будутъ двѣ плоскости AB и CD, (черт. 18 и 19) равныя и наклонныя къ горизонту подъ одинаковымъ угломъ, но въ противныя стороны; Прямыя EF, GH представляютъ направленія движенія плоскостей; GK изображаетъ силу удара или сопротивленіе воды. Разрѣшимъ GK на двѣ силы KM, GM, изъ коихъ первая, будучи параллельна, уничтожается, а послѣдняя GM, перпендикулярная къ плоскости, произведетъ дѣйствіе.

Дѣйствующая сила GM, можетъ также разрѣшиться на вертикальную GO и горизонтальную GN, изъ коихъ первая, дѣйствуя съ низу въ верьхъ, будетъ поднимать плоскость изъ воды, а послѣдняя сопротивляться движенію. Но $GN = GM \sin. DGH$, и $GO = GM. \text{Cos. } DGH$.

(*) Причину этому можно легко постигнуть простымъ разсужденіемъ: кормовая часть, убѣгая отъ окружающихъ ее водяныхъ частицъ, выдерживаетъ отъ нихъ сопротивленіе, подобное тому, какъ поршень всасывающей помпы; когда поршень имѣетъ видъ конуса обращеннаго вершиною къ низу, то всасывающая сила его уменьшится, и обратно въ цилиндрическомъ поршнѣ та сила самая большая.

Отсюда слѣдуетъ, что, по мѣрѣ уменьшенія угла паденія DGH, сила сопротивляющаяся движенію будетъ уменьшаться, а вертикальная увеличиваться. Отъ дѣйствія сей послѣдней, площадь нѣсколько поднимется изъ воды, а потому и сопротивленіе воды сдѣлается менѣе.

Подобное разрѣшеніе сопротивленія воды можно сдѣлать и при плоскости АВ, движущейся отъ Е къ F; но въ семъ случаѣ вертикальная сила будетъ погружать плоскость и увеличитъ сопротивленіе воды на оную.

Изъ сего заключить можемъ, что *для увеличенія скораго хода, нужно, чтобы обводы батоксовъ составляли съ горизонтомъ воды какъ можно меньшій уголъ*, т. е. чтобы носовые батоксы были наклонны впередъ, а кормовые назадъ. Наконецъ должно замѣтить, что сопротивленіе воды на корабль уменьшается болѣе отъ остроты батоксовъ, нежели ватерлиніи.

§ 78. Обводы ватерлиніи имѣютъ большое вліяніе на ходъ корабля, ибо отъ нихъ зависитъ удобность убѣганія водяныхъ частицъ. Если частицы, оттолкнутыя движущимся носомъ, легко ему уступаютъ, то очевидно, что сопротивленіе воды на корабль будетъ менѣе, а слѣдовательно скорость его болѣе. При убѣганіи водяныхъ частицъ, каждая изъ нихъ принимаетъ направленіе, зависящее отъ образованія обводовъ судна; и потому разсмотримъ какой видъ должны имѣть обводы носовыхъ ватерлиній, чтобы вода убѣгала удобнѣе.

Пусть ВС (черт. 20) представляетъ длину носовой части судна, АВ полуширину его. Разсмотримъ дѣйствіе воды на три различные обвода ADC, AEC и AFC.

Водяныя частицы, оттолкнутыя каждымъ изъ сихъ

обводовъ движутся по направленіямъ нормалей; онѣ, будучи оттолкнуты обводомъ ADC, по мѣрѣ удаленія ихъ, будутъ расходиться, заставляя въ то же время двигаться передъ собою всѣ встрѣчающіяся съ ними частицы воды. Напротивъ того частицы воды, объемлющія обводъ AFC, будутъ двигаться по направленіямъ, которыя взаимно встрѣчаются, и тѣмъ препятствуютъ убѣганію воды въ стороны. Изъ сего заключаемъ, что обводы носовыхъ ватерлиній должны быть образованы кривыми линіями выпуклыми, ибо всякая вогнутость въ носовой части, препятствуя убѣганію частицъ, увеличиваетъ сопротивленіе и уменьшаетъ скорость корабля. Равнымъ образомъ и излишняя полнота носа замедляетъ ходъ корабля.

§ 79. Въ составъ полнаго сопротивленія воды на корабль входитъ еще препятствіе отъ тренія и отъ вязкости водяныхъ частицъ, какъ между собою, такъ и къ подводной части корабля.

Препятствіе отъ тренія составляетъ около 0,16 цѣлаго сопротивленія. Оно, завися отъ величины подводной поверхности корабля, увеличивается пропорціонально скорости движенія. Но это приращеніе бываетъ въ меньшемъ отношеніи, нежели квадратъ скорости, а именно, если скорость корабля увеличивается вдвое, то треніе увеличится не въ 4 а въ $3^1/_2$ раза. Препятствіе отъ тренія на каждый квадратный футъ поверхности полагается около 0,5 фунта, при скорости 8^{ми} миль въ часъ. Но при всякой другой скорости препятствіе отъ тренія зависитъ отъ положенія поверхности относительно направленія движенія. Въ тѣхъ случаяхъ, когда поверхность будетъ параллельна направленію движенія, можно принять за мѣру тренія вышепоказанныя 0,5 фунта, но тамъ гдѣ

направленіе поверхности наклонно къ сторонѣ движенія, препятствіе будетъ болѣе. И потому препятствіе отъ тренія весьма велико, если ватерлиніи, при переходѣ чрезъ мидель-шпангоутъ, имѣютъ скулы; въ этомъ мѣстѣ онѣ должны идти параллельно діаметральной плоскости, чему особенно способствуетъ острота мидель-шпангоута близъ киля и вообще въ нижней части. Только при такомъ образованіи можно сдѣлать ватерлиніи одинакой и согласной кривизны, которая будетъ способствовать увеличенію скорости корабля.

§ 80. Принявъ въ разсужденіе доказанные предъ симъ выводы, можемъ заключить, что для наибольшей скорости корабля нужно:

1) Уменьшать площадь мидель-шпангоута, что видно изъ формулы § 73. и дѣлать обводъ его какъ можно острѣе при килѣ и полнѣе при грузовой ватерлиніи.

2) Помѣщать общій центръ тяжести впереди средины.

3) Носовую часть дѣлать полнѣе кормовой, считая отъ средины судна, но такъ чтобы центръ тяжести находился впереди средины, въ корабляхъ не болѣе $^1/_{70}$, а во фрегатахъ не болѣе $^1/_{50}$ части всей длины, по грузовой ватерлиніи.

4) Носовыя ватерлиніи должны имѣть выпуклое образованіе, а кормовыя могутъ быть съ перегибомъ и острѣе близъ киля, избѣгая впрочемъ крутыхъ перегибовъ и неправильной кривизны, особенно при переходѣ ватерлиній чрезъ мидель-шпангоутъ.

5) Наблюдать совершенное согласіе и правильность между обводами различныхъ сѣченій корабля.

ГЛАВА VI.

О ДРЕЙФѢ КОРАБЛЯ.

§ 81. Корабль, идущій косвеннымъ путемъ, никогда не слѣдуетъ по тому направленію, по которому его правятъ, а уклоняется отъ онаго и идетъ по направленію, составляющему съ килемъ нѣкоторый уголъ, называемый *дрейфъ*.

§ 82. Какой бы уголъ направленіе вѣтра съ килемъ корабля ни составляло, но если паруса можно нести перпендикулярно къ килю, то корабль будетъ слѣдовать по направленію киля; потому что производная сила вѣтра проходитъ по діаметральной плоскости. Когда же паруса поставлены косвенно къ килю, то дѣйствующая на нихъ сила вѣтра разрѣшается на двѣ силы, которыя сообщаютъ судну двѣ скорости, прямую и боковую, и заставляютъ его идти по направленію діагонали параллелограмма, составленнаго изъ сихъ скоростей.

Пусть AB (черт. 21) представляетъ направленіе киля; точка A,—носъ; B—корма, MN положеніе паруса, составляющаго съ килемъ косвенный уголъ, а FH направленія вѣтра. Положимъ что HE изображаетъ величину силы вѣтра; разрѣшимъ ее на двѣ силы HL и HK, изъ коихъ первая, направленная по парусу, не произведетъ никакого дѣйствія, а вторая, перпендикулярная оному, сообщитъ судну движеніе. Сію вторую силу HK разрѣшимъ также на двѣ силы: HO, направленную по килю и HP, перпендикулярную къ оному. Сила HO называется прямая и сообщитъ судну поспоступательную скорость HQ, а HP, боковою именуемая,

понуждаетъ корабль двигаться въ бокъ скоростію HR; отъ дѣйствія сихъ силъ корабль будетъ идти по діагоналѣ HS прямоугольника, составленнаго изъ направленія и величины сихъ скоростей, которая представитъ истинное направленіе судна, идущаго косвеннымъ путемъ. Уголъ SHA, составляемый этимъ направленіемъ съ килемъ судна, и есть дрейфъ его.

§ 83. Величина угла SHA, т. е. дрейфа, зависитъ отъ отношенія между скоростями HR и HQ, и бываетъ наибольшая, когда уголъ направленія вѣтра съ парусомъ наименьшій, т. е. когда судно идетъ въ бейдевиндъ. Означимъ чрезъ δ уголъ SNA; въ треугольникѣ HSQ имѣемъ:
$HR = SQ = HS.\sin\delta$; и $HQ = HS.\cos\delta$; слѣдовательно

$$\text{tang}.\delta = \frac{HR}{HQ}$$

Отсюда видно, что дрейфъ будетъ уменьшаться по мѣрѣ увеличенія прямой его скорости HQ и уменьшенія боковой HR. Но изъ законовъ механики извѣстно, что если на тѣло дѣйствуютъ нѣсколько силъ, сообщающихъ ему движеніе въ разныя стороны, то тѣло будетъ скорѣе двигаться по тому направленію, гдѣ встрѣтитъ меньшее сопротивленіе. Но какъ скорость HR обратно пропорціональна діаметральной площади, а скорость HQ обратно пропорціональна площади мидель-шпангоута. И такъ если M представляетъ площадь мидель-шпангоута, d—площадь діаметральную, то величина дрейфа будетъ зависѣть отъ величины дроби $\frac{M}{d}$, т. е. отъ отношенія площади мидель-шпангоута къ площади діаметральной.

Отсюду слѣдуетъ, что дабы уменьшить дрейфъ кораб-

ля, то должно Уменьшать площадь мидель-шпангоута и увеличивать подводную часть площади діаметральной.

§ 84. Площадь мидель-шпангоута имѣетъ нѣкоторое отношеніе къ прямоугольнику изъ ширины на глубину; означимъ это отношеніе чрезъ m, ширину судна чрезъ *B*, а глубину чрезъ H, то $m = \frac{M}{BH}$ и $M = m.BH$. Равнымъ образомъ величина діаметральной площади можетъ быть представлена формулою

$$d = c.LH + E,$$

гдѣ L—длина, cLH величина діаметральной площади, c—отношеніе діаметральной площади къ прямоугольнику изъ глубины на длину; E — площадь боковой грани киля и штевней. Вставляя вмѣсто равныхъ равныя, получимъ

$$\frac{M}{d} = \frac{m.\ BH}{c.\ LH+E},$$

разсматривая сію дробь заключаемъ:

1) Чтобы судно въ косвенныхъ путяхъ имѣло наименьшій дрейфъ, нужно длину его дѣлать гораздо болѣе ширины. Опытъ показалъ, что ширина судна не должна быть болѣе $^1/_3$ и менѣе $^1/_4$ длины его.

2) Для уменьшенія дрейфа, нужно уменьшать отношеніе площади мидель-шпангоута къ прямоугольнику изъ ширины на глубину, т. е. при той же площади мидель-шпангоута, то судно будетъ имѣть меньшій дрейфъ, у котораго ширина и глубина болѣе.

3) Для уменьшенія дрейфа, не должно много увеличивать уклоны штевней, потому что тогда количество c сдѣлается болѣе.

4) Съ увеличеніемъ высоты киля и ширины штевней, дрейфъ уменьшается.

5) Въ судахъ, которыя по образованію своему имѣютъ большой дрейфъ, для уменьшенія его весьма полезно увеличивать высоту киля надѣлкою прибавочнаго фалшкиля.

§ 85. Поелику боковая сила вѣтра на обрасопленные паруса проходитъ выше центра тяжести, то она, кромѣ поступательнаго движенія въ бокъ, заставляетъ судно крѣниться, т. е. обращаться около оси его длины, дѣйствіемъ котораго оно наклоняется на подвѣтренную сторону. При той же силѣ вѣтра, уголъ крена въ семъ случаѣ будетъ менѣе въ тѣхъ судахъ, у которыхъ остойчивость болѣе.

Если чрезъ φ означить уголъ крена корабля, то $d \operatorname{Cos.} \varphi$ представитъ величину проэкціи діаметральной площади на плоскости вертикальной,

Слѣдовательно въ накрененномъ кораблѣ дробь $\frac{M}{d}$ превратится въ $\frac{M}{d. \cos \varphi}$.

Изъ сего видно, что дрейфъ уменьшается по мѣрѣ того, какъ уголъ крена становится менѣе, т. е. въ корабляхъ, имѣющихъ большую остойчивость дрейфъ менѣе.

§ 86. Прямая скорость HQ, пропорціональна величинѣ прямаго сопротивленія воды, слѣдовательно тѣ суда, которыя по образованію подводной части, способны для качества скораго хода, будутъ равнымъ образомъ мало дрейфовать. Отсюда и изъ предъидущаго параграфа видно, что два главныя качества судна остойчивость и скорый ходъ

имѣютъ значительное вліяніе на дрейфъ. А потому, соблюдая всѣ условія, предписанныя для скораго хода и остойчивости, можно быть увѣрену, что судно не будетъ имѣть большаго дрейфа, если притомъ соблюдена надлежащая соразмѣрность между длиною и шириною.

§ 87. Суда плоскодонныя, долженствующія плавать по мѣлководію, имѣютъ малую глубину, и потому подвергаются большому дрейфу, если необходимость заставляетъ ихъ выходить въ открытое море. Чтобы уменьшить этотъ порокъ, употребляютъ, такъ называемыя, шверцы. Это широкія доски, прикрѣпленныя по обѣ стороны судна параллельно діаметральной плоскости такъ, что онѣ могутъ быть опущены или подняты, смотря по надобности. Въ мѣлководіи шверцы поднимаются, а въ открытомъ морѣ ихъ опускаютъ, чтобы нижній ихъ край былъ ниже киля. Тогда боковое сопротивленіе воды, на опущенный шверцъ, доставляетъ судну возможность держаться ближе къ вѣтру. Такія шверцы видѣть можно на голландскихъ судахъ.

О РЫСКЛИВОСТИ.

§ 88. Судно, идущее косвеннымъ путемъ, рѣдко слѣдуетъ одному направленію, но почти всегда уклоняется отъ онаго подъ вѣтръ, или восходитъ къ вѣтру; въ первомъ случаѣ говорятъ, что судно *уваливается подъ вѣтръ*, а во второмъ, — *рыскаетъ*. Таковыя уклоненія составляютъ въ кораблѣ важный недостатокъ, вредящій скорости хода

и часто весьма опасный, а потому всѣми мѣрами должно стараться уничтожить его.

§ 89. Разсмотримъ вопервыхъ причины, заставляющія корабль рыскать, или уваливаться. черт. 19. Пусть AGBH представляетъ горизонтальное сѣченіе корабля, точка A носъ; B корма; EG направленіе движенія его; ACJ, — дрейфъ. Прямая GH, перпендикулярная къ CJ, представляетъ сѣченіе проходящее чрезъ центръ тяжести и раздѣляющее корабль на двѣ части: носовую GAH и кормовую BGH. Пусть FC представляетъ полное сопротивленія воды на корабль. Разрѣшимъ его на два, прямое CD и боковое EC, перпендикулярное къ діаметральной плоскости. Первое будетъ противодѣйствовать прямой силѣ вѣтра, а второе CE, боковой.

Если производная сила боковаго сопротивленія воды проходитъ чрезъ центръ тяжести, то направленіе движенія останется неизмѣннымъ; въ противномъ же случаѣ, произойдетъ вращательное движеніе около вертикальной оси, слѣдствіемъ котораго будетъ совращеніе корабля съ надлежащаго пути. Разсмотримъ, который изъ сихъ случаевъ имѣетъ мѣсто въ кораблѣ.

Извѣстно, что сопротивленіе воды увеличивается пропорціонально квадрату синуса угла паденія воды, слѣдовательно сопротивленіе на подвѣтренную часть носа AG будетъ болѣе, нежели на навѣтренную AH. Равнымъ образомъ сопротивленіе на всю подвѣтренную часть AGB будетъ болѣе, нежели на навѣтренную AHB. Изъ сего слѣдуетъ, что производная сила горизонтальнаго боковаго сопротивленія

воды будетъ дѣйствовать съ подвѣтренной стороны. Но какъ сопротивленіе на носовую часть GAH болѣе сопротивленія на кормовую GBH, то производная сила боковаго сопротивленія воды пройдетъ впереди центра тяжести судна. Дѣйствіемъ момента сей силы носъ A корабля будетъ приближаться къ вѣтру, т. е. корабль будетъ рыскать.

§ 90. Пусть Pp представляетъ боковое сопротивленіе на носъ, Qq боковое сопротивленіе на корму. Если *n* и k представляютъ отстояніе точекъ приложенія сихъ сопротивленія отъ центра тяжести, то моменты ихъ въ разсужденіи сего центра суть Pn и Qk

Такъ какъ производная сила боковаго сопротивленія воды проходитъ впереди центра тяжести, то Pn болѣе Qк. Для уничтоженія же рыскливости нужно, чтобы моменты Pn, Qk были равны, ибо тогда производная сила боковаго сопротивленія пройдетъ чрезъ центръ тяжести C. Чтобы достигнуть до равенства сихъ моментовъ, нужно количества P и n уменьшать и увеличивать количества Q и k. Но какъ сила P или боковое сопротивленіе на носъ пропорціонально носовой части діаметральной плоскости, а сила Q въ томъ же отношеніи къ кормовой діаметральной плоскости; то для уменьшенія рыскливости, нужно 1) *Увеличивать кормовую часть діаметральной плоскости и уменьшать носовую.*

§ 91. Положеніе центра тяжести опредѣляетъ длину носовой и кормовой части, чѣмъ сей центръ ближе къ носу, тѣмъ носовая часть короче, а кормовая длиннѣе и рыскливость менѣе. Слѣдовательно 2) *для уменьшенія рыскли-*

вости нужно центръ тяжести корабля помѣщать ближе къ носу.

§ 92. Другое средство для увеличенія кормовой части діаметральной площади противъ носовой состоитъ въ томъ, чтобы дѣлать углубленіе старпоста болѣе, нежели углубленіе стема, т. е. 3) *Для уменьшенія рыскливости корабль долженъ имѣть диферентъ на корму.*

§ 93. Уклонъ стема, уменьшая величину носовой части діаметральной площади, равнымъ образомъ будетъ служить къ уменьшенію рыскливости. Напротивъ того, старпостъ нужно дѣлать вертикальнымъ, потому что уклонъ его уменьшаетъ кормовую часть діаметральной площади, а слѣдовательно увеличиваетъ рыскливость.

§ 94. Должно замѣтить, что всѣ правила для уменьшенія рыскливости, зависящія отъ размѣреній подводной части, не могутъ совершенно уничтожить сей важный порокъ; потому что никогда не льзя достигнуть равенства моментовъ Pn и Qk, безъ вреда другимъ качествамъ. Но если и допустимъ сіе равенство, то и тогда не можемъ получить желаемой выгоды, потому что мѣсто точки приложенія производной силы боковаго сопротивленія воды безпрестанно перемѣняется отъ скорости судна, отъ силы вѣтра и. т. п. Уравновѣшиваніе моментовъ боковаго сопротивленія воды съ моментомъ боковой силы вѣтра, представляетъ гораздо болѣе удобности для уничтоженія рыскливости.

Въ самомъ дѣлѣ, въ косвенныхъ путяхъ сила вѣтра бываетъ направлена наклонно къ килю, а потому и разрѣшается на двѣ силы: боковую и прямую; прямая сила вѣтра сообщаетъ судну поступательное дви-

женіе впередъ, а боковая можетъ имѣть различныя положенія относительно центра тяжести. Если эта сила пройдетъ чрезъ вертикальную линію, проходящую чрезъ центръ тяжести, то она сообщитъ судну только поступательное движеніе въ бокъ и наклонитъ корабль на подвѣтренную сторону. Но когда та же сила проходитъ назади или впереди центра тяжести, то корабль будетъ получать вращательныя движенія около вертикальной оси. Сіи-то вращательныя движенія и доставляютъ возможность уничтожить рыскливость и держать судно на одномъ румбѣ. Для сего нужно только, чтобы боковая сила вѣтра вращала судно въ подвѣтренную сторону и чтобы моментъ сей силы былъ равенъ производному моменту боковаго сопротивленія воды, т. е. расположить паруса такимъ образомъ, чтобы точка приложенія силы вѣтра, называемая *центръ парусности*, всегда находилась впереди центра тяжести.

§ 95. Моментъ боковаго сопротивленія воды, производящій рыскливость, измѣняется отъ перемѣны скорости корабля; съ увеличеніемъ сей скорости рыскливость становится болѣе, а съ уменьшеніемъ, менѣе; слѣдовательно, чтобы держать судно постоянно на одномъ румбѣ, должно измѣнять моментъ боковой силы вѣтра, т. е. центръ парусности удалять отъ центра тяжести къ носу, или приближать оный къ срединѣ, смотря по скорости и силѣ вѣтра. Такимъ образомъ помощію расположенія парусовъ почти всегда можно уничтожить рыскликливость и держать корабль на томъ же румбѣ.

§ 96. До сихъ поръ мы разсматривали только рыскливость въ косвенныхъ путяхъ, но изъ самой практики

извѣстно, что корабль идя на фордевиндъ также рыскаетъ, т. е. носъ его уклоняется, то въ одну, то въ другую сторону, и тѣмъ, замедляя ходъ корабля, составляетъ порокъ, который можно назвать *вертлявостію*. Этотъ порокъ въ кораблѣ зависитъ, 1) отъ положенія центра тяжести въ разсужденіи средины судна и 2) отъ положенія центра парусности въ разсужденіи центра тяжести. Изъ опытовъ Тевенарда извѣстно, что тѣло движимое въ водѣ острымъ концемъ впередъ, не можетъ сохранять прямолинейнаго движенія, а безпрестанно уклоняется въ обѣ стороны; напротивъ, тоже тѣло, движимое тупымъ концемъ впередъ, сохраняетъ постоянное направленіе. Очевидно, если такое совращеніе съ пути замѣчено въ тѣлѣ не большихъ размѣреній, то оно должно имѣть мѣсто и въ кораблѣ, если носовая часть его будетъ острѣе кормовой. Отсюда заключаемъ, *что для уменьшенія вертлявости, должно центръ тяжести корабля помѣщать впереди средины, дабы носовая часть была полнѣе кормовой.*

§ 97. Положеніе центра парусности имѣетъ еще бо́льшее вліяніе на вертлявость. Когда онъ находится позади центра тяжести, то, при малѣйшемъ уклоненіи корабля отъ своего курса, раждается моментъ, который увеличиваетъ вертлявость; если же напротивъ центръ парусности находится впереди центра тяжести, то судно при малѣйшемъ уклоненіи отъ своего пути, дѣйствіемъ силы вѣтра снова приходитъ на прежній румбъ. Изъ сего слѣдуетъ, что для уменьшенія вертлявости *центръ парусности долженъ находиться впереди центра тяжести.*

ГЛАВА VII

О ПОВОРОТЛИВОСТИ.

§ 98. Вращательныя движенія судна около вертикальной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести совершаются посредствомъ руля и парусовъ. Когда судно идетъ на фордевиндъ, то равнодѣйствующая сила прямаго горизонтальнаго давленія воды проходитъ по діаметральной плоскости. Но если та же сила не проходитъ по діаметральной плоскости то сообщитъ судну вращательное движеніе около вертикальной оси, проходящей чрезъ его центръ тяжести. въ ту сторону, съ которой она дѣйствуетъ. На этомъ основано дѣйствіе руля. Пусть ABC (черт. 22) представляетъ горизонтальное сѣченіе судна; AB, діаметральная плоскость; точка A, — носъ; B — корма; BE положеніе руля. Если руль BE находится въ діаметральной плоскости, то судно, идетъ прямо. Но когда руль приведенъ будетъ въ положеніе BF, составляющее съ діаметральною плоскостію уголъ EBF, то горизонтальное давленіе воды, дѣйствуя на руль, какъ на конецъ свободнаго рычага, заставитъ судно вращаться около вертикальной оси проходящей чрезъ его центръ тяжести. Пусть HL, паралельная AB представляетъ направленіе и величину горизонтальнаго давленія воды на руль. Разрѣшимъ оное на двѣ силы LN и LM, изъ коихъ первая, паралельная площади руля, не произведетъ на него ни какого дѣйствія, а перпендикулярная сила LM заставитъ судно вращаться. Изъ центра тяжести G, на направленіе силы LM

опустимъ перпендикуляръ GJ. Произведеніе LM. GJ представитъ моментъ давленія воды, на руль.

Положимъ уголъ HLN $=$ ELB$=\alpha$, полуширина руля BL $=$ b, длина кормовой части BG$=$l, величина дѣйствующей силы HL$=$P; будетъ: ML$=$Q sin. α; Проведя BK, параллельную MJ, имѣемъ BL$=$KJ$=$b; и

GJ$=$GK$+$KJ$=$l. Cos $\alpha+$b моментъ

давленія воды на руль,

то LM. GJ$=$P (l. sin. α. Cos $\alpha+$b. sin α).

Изъ сей формулы видно, что, при тѣхъ же обстоятельствахъ, повороты судна будутъ совершаться тѣмъ скорѣе, чѣмъ болѣе P и

l. sin α. Cos. $\alpha+$b sin α

потому изслѣдуемъ каждое изъ сихъ количествъ.

§ 99. Количество P, изображающее горизонтальное давленіе воды на руль, зависитъ отъ величины той части площади его, на которую вода дѣйствуетъ и отъ положенія онаго. Чтобы вполнѣ понять дѣйствіе воды на руль, разсмотримъ слѣдующіе опыты Ромма: онъ двигалъ въ водѣ челнокъ длиною въ 15 футовъ, имѣющій углубленіе 13 дюймовъ, и нашелъ, что онъ перешелъ нѣкоторое разстояніе a въ 18,5 секундъ. Потомъ, къ старнносту челнока по обѣ его стороны, приставлены были доски, параллельно плоскости мидель-шпангоута; обѣ доски вмѣстѣ составляли трапецію ABCD (черт. 23), которой высота EF$=$20дюй; AE$=$DH$=$5дюй; BG$=$CG$=$6дюй; часть EFGH была приложена къ старнносту. Тогда челнокъ при томъ же углубленіи и движимый тою же силою, перешелъ разстояніе a въ 24,5 секундъ.

Потомъ къ старнносту были приставлены, ниж-

нижнія части трапецій, которыхъ глубина была только 6дюй и основаніе по прежнему на равнѣ съ нижнею гранью киля. Въ семъ состояніи челнокъ перешелъ разстояніе a въ 24″, т. е. почти въ такое же время, какъ и тогда, когда весь руль прикрѣпленъ былъ къ старнпосту. Отсюда заключить должно, что на верхнюю часть площади руля, поставленнаго за кормою, вода почти не дѣйствуетъ, и что самое большее давленіе отъ воды получаетъ та часть площади руля, которая находится близь киля. Разсматривая образованіе поверхности судна, легко можно найти сему причину; въ самомъ дѣлѣ: верхней части руля предшествуетъ самая полная часть обвода мидель-шпангоута, и тѣмъ самымъ препятствуетъ водянымъ частицамъ ударять на руль. Напротивъ того нижняя часть площади руля совершенно открыта ударенію воды, потому что острота мидель-шпангоута при килѣ допускаетъ водяныя частицы производить на руль полное свое дѣйствіе.

§ 100. Изъ сихъ разсужденій видимъ, что для увеличенія давленія воды на руль, или силы руля, должно дѣлать площадь нижней его части болѣе. Сего можно достигнуть: 1) *Увеличеніемъ ширины нижней части руля,* 2) *увеличеніемъ глубины руля, такъ чтобы пятка его находилась ниже углубленія киля при мидель-шпангоутѣ.*

Должно замѣтить, что съ прибавленіемъ ширины руля, становится труднѣе имъ править и уменьшается его крѣпость; и потому ширину руля при грузовой дѣлаютъ менѣе, нежели при килѣ, но сія послѣдняя бываетъ не болѣе $^1/_{30}$ части длины корабля. *По сей причинѣ дифе-*

рентъ на корму, углубляя руль ниже пятки мидель-шпангоута весьма много способствуетъ къ увеличенію дѣйствія воды на руль. Въ корабляхъ диферентъ бываетъ около 0,1 глубины; во фрегатахъ около 0,19, а въ въ мѣлкихъ судахъ до 0,3 того же размѣренія.

Острота обвода мидель-шпангоута при килѣ, открывая для дѣйствія воды большую площадь руля, весьма много способствуетъ къ доставленію судамъ качества поворотливости. Эта истина совершенно подтверждается опытами. И потому должно *обводъ мидель-шпангоута дѣлать какъ можно острѣе при килѣ и полнѣе при грузовой ватерлиніи;* условіе, которое нужно для скораго хода и остойчивости.

§ 101. Въ выраженіе момента давленія воды на руль входитъ произведеніе $\text{Sin}.\,\alpha.\,\text{Cos}\,\alpha$, которое измѣняется въ зависимости отъ угла α. паденія воды на руль. Если этотъ уголъ $90°$, то $\text{Sin}\,\alpha=1$, $\text{Cos}\,\alpha=0$, и $\text{Sin}.\,\alpha\,\text{Cos}.\,\alpha=0$; когда тотже уголъ $\alpha=0$, то $\text{Sin}.\,\alpha=0$, $\text{Cos}\,\alpha=1$, $\text{Sin}.\,\alpha.\,\text{Cos}.\,\alpha=0$; и такъ $\text{Sin}.\,\alpha$ и $\text{Cos}.\,\alpha$ суть двѣ величины измѣняющіяся зависимо одна отъ другой, то произведеніе ихъ будетъ имѣть тогда наибольшую величину, когда $\text{Sin}.\,\alpha=\text{Cos}.\,\alpha$, или когда уголъ $\alpha=45°$. Слѣдовательно самое выгоднѣйшее положеніе руля для скорѣйшаго вращенія корабля будетъ тогда, когда уголъ, составляемый плоскостію его съ килемъ будетъ въ $45°$. Но въ корабляхъ руль не можетъ быть отведенъ отъ діаметральной плоскости болѣе какъ на $30°$ или $35°$. Сіе происходитъ отъ длины румпеля, котораго конецъ при этомъ углѣ, упирается въ стѣну корабля, и тогда говорится что руль *лежитъ на бортѣ.* Если же укоротить рум-

цель, тогда труднѣе будетъ править рулемъ. Впрочемъ для обыкновенныхъ случаевъ въ мореплаваніи весьма достаточно, когда уголъ составляемый рулемъ съ діаметральною плоскостію 30°.

§ 102. Еще въ выраженіе момента силы руля входятъ: ширина руля b и длина кормовой части l. Объ увеличеніи ширины руля мы уже говорили прежде въ § 100.

Что же касается до количества l, то видимъ, что для увеличенія дѣйствія воды на руль должно дѣлать оное болѣе, т. е. *мидель-шпангоутъ располагать ближе къ носу*, тогда длина кормовой части l, будетъ болѣе длины носовой части. Впрочемъ удаленію мидель-шпангоута отъ средины судна къ носу есть предѣлъ, котораго превосходить не должно, ибо въ противномъ случаѣ мы нетолько не достигнемъ желаемой пользы, но еще повредимъ качествамъ, для которыхъ это средство считается полезнымъ. И подлинно, удаливъ центръ тяжести корабля отъ средины, къ носу, хотя и увеличимъ моментъ силы руля, но въ тоже время уменьшимъ моментъ парусовъ, способствующій для совершенія главныхъ поворотовъ судна. И такъ отъ излишняго удаленія центра тяжести впередъ собственно для вращательнаго движенія судна около вертикальной оси не получится никакой выгоды, а для другихъ качествъ произойдетъ вредъ.

Изъ сего видно, что, для увеличенія поворотливости, должно, не увеличивая длины кормовой части, обратить особенное вниманіе *на образованіе нижней части обвода мидель шпангоута и на деферентъ*.

§ 112. При томъ же обводѣ мидель-шпангоута близь киля образованіе кормовой части судна имѣетъ весьма

малое вліяніе на увеличеніе силы руля, и потому излишнее съуживаніе кормовыхъ ватерлиній близь киля не можетъ принести существенной пользы. Многіе авторы основывали дѣйствіе воды на руль на томъ, что жидкія частицы, объемлющія кормовую часть во время движенія судна, стекаютъ по обводамъ кормы и падаютъ на руль. И для сей причины предлагаютъ дѣлать кормовыя ватерлиніи острѣе близь киля, и весьма полными при грузовой ватерлиніи. Но на самомъ дѣлѣ водяныя частицы, во время хода судна, только слѣдуютъ за кормою, а не стекаютъ по обводамъ оной, въ чемъ легко удостовѣриться простымъ разсужденіемъ. Опыты доказываютъ, что если кормовыя ватерлиніи образованы согласно съ требованіями скораго хода и рыскливости, то онѣ равнымъ образомъ будутъ благопріятствовать поворотливости.

§ 103. Дѣйствіе воды на руль зависитъ также отъ положенія старнпоста. Когда онъ поставленъ наклонно къ килю, то чѣмъ больше уголъ составляемый рулемъ съ діаметральною плоскостію, тѣмъ большая часть площади его будетъ выходить изъ воды, а потому давленіе на руль будетъ меньше. Напротивъ того при вертикальномъ положеніи старнпоста, подводная часть площади руля при всѣхъ поворотахъ будетъ одинакова. Обыкновенно старнпостъ ставится нѣсколько наклонно къ килю и сія наклонность болѣе въ малыхъ судахъ, нежели въ корабляхъ; но никогда оная не бываетъ столь велика, чтобы могла произвести чувствительный вредъ.

§ 104. Когда судно идетъ косвеннымъ путемъ, и имѣетъ нѣкоторый кренъ, тогда горизонтальное давленіе воды на руль будетъ пропорціонально площади его умно-

женной на косинъ угла крена, который будетъ имѣть наибольшую величину тогда, когда уголъ равенъ нулю, такъ что дѣйствіе давленія воды на руль будетъ уменьшаться по мѣрѣ увеличенія угла крена, а изъ сего слѣдуетъ, что остойчивые корабли всегда будутъ имѣть качество поворотливости въ большей степени.

§ 105. Скорость поворотовъ судна также много зависитъ отъ расположенія груза и отъ длины. Чѣмъ судно длиннѣе и уже, тѣмъ сопротивленіе воды на діаметральную плоскость болѣе и скорость вращенія менѣе. Также отъ увеличенія тяжести носа и кормы увеличиваются моменты ихъ, сопротивляющіеся дѣйствію вращающей силы. И потому грузъ корабля должно располагать такъ, чтобы тяжелѣйшія вещи находились около вертикальной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести.

ГЛАВА VIII

О ДВИЖЕНИИ СУДОВЪ НА МОРѢ ВЗВОЛНОВАННОМЪ.

§ 106. До сихъ поръ мы разсматривали качества корабля, предполагая что вода совершенно спокойна; но состояніе судна на тихой водѣ весьма отлично отъ его положенія на взволнованномъ морѣ.

Волны, дѣйствуя на движущееся судно, ослабляютъ добрыя его качества и производятъ въ немъ пороки, которые не замѣтны на тихой водѣ: они замѣдляютъ его ходъ, вредятъ остойчивости и поворотливости, и наконецъ стремятся разрушить связь составныхъ членовъ. Не смотря на таковыя дѣйствія волнъ, судно должно противоборствовать имъ, и уменьшать вредное вліяніе и на качества.

§ 107. Чтобы вполнѣ разсмотрѣть дѣйствія волнъ и опредѣлить образованіе поверхности судна, приличествующее для моря взволнованнаго, нужно принять въ разсужденіе законы движенія взволнованной воды; но какъ сіи законы еще далеко неизслѣдованы для покойнаго состоянія жидкости, то тѣмъ менѣе они могутъ быть приложены къ жидкости взволнованной. Впрочемъ, принимая въ соображеніе различныя положенія судна на волнахъ и разнообразное ихъ дѣйствіе, зависящее отъ силы вѣтра, отъ обширности и глубины моря, едва ли можно отыскать такіе законы, которые бы согласовались съ практикою.

Итакъ, чтобы сдѣлать вопросъ простѣйшимъ, объяснимъ только причины, имѣющія вліяніе на образованіе

волнъ, онѣ суть слѣдующія:

1). *Сила вѣтра*; Волны тѣмъ болѣе, чѣмъ сильнѣе и продолжительнѣе дуетъ вѣтеръ.

2). *Взаимное дѣйствіе волнъ.* Волны, образуемыя силою вѣтра, сливаются одна съ другою отъ чего величина ихъ дѣлается болѣе.

3) *Обширность и глубина моря.* Величина волнъ весьма много зависитъ отъ обширности моря и глубины его; на отмѣляхъ волны коротки и дѣйствіе ихъ неправильно. Равнымъ образомъ на большой глубинѣ и при маломъ пространствѣ водъ, также не можетъ быть правильнаго и большаго волненія. Напротивъ того въ моряхъ обширныхъ и глубокихъ волненіе бываетъ болѣе правильное.

Принявъ въ соображеніе всѣ сіи обстоятельства, предположимъ что дѣйствіе волнъ на судно имѣетъ нѣкоторую правильность, а именно, что движеніе судна, сообщенное, волною оканчивается прежде дѣйствія другой подступившей волны. Сіе предположеніе не удаляется много отъ того закона, по которому дѣйствуютъ волны въ моряхъ обширныхъ и глубокихъ.

О КИЛЕВОЙ КАЧКѢ.

§ 108. Волна, поступившая къ судну, сообщитъ ему вращательное движеніе около одной изъ горизонтальныхъ осей, проходящихъ чрезъ центръ тяжести. Положеніе сихъ осей зависъ отъ точекъ приложенія дѣйствующихъ сихъ волнъ, и потому ихъ можетъ быть весьма много, но мы разсмотримъ только вращательныя движенія, или луч-

ше сказать, колебанія сообщаемыя судну около осей длины и ширины.

Волна, подступившая къ носу, сообщитъ судну вращательное движеніе около оси ширины; этому будетъ препятствовать остойчивость и возстановитъ судно въ прямое положеніе; волны, ударяющія корму. будутъ подымать сію оконечность, сообщать судну вращательное движеніе въ противную сторону. Такимъ образомъ, отъ попеременнаго дѣйствія волнъ на носъ и на корму, судно получитъ качаніе, или вращеніе около оси ширины, называемое *килевою качкою*.

§ 109. Пусть ab (черт. 24) представляетъ грузовую ватерлинію въ прямомъ положеніи судна. Отъищемъ во первыхъ выгоднѣйшее мѣсто для центра тяжести. Онъ можетъ имѣть три положенія въ разсужденіи грузовой ватерлиніи, а именно: выше, ниже и на самой плоскости сей ватерлиніи.

Если центръ тяжести судна будетъ въ G′, выше грузовой ватерлиніи, то во время килевой качки онъ будетъ описывать дугу MN, а слѣдовательно получитъ колебательное движеніе взадъ и впередъ, увеличивающее неправильность килевой качки. Тоже послѣдуетъ, если центръ тяжести будетъ ниже грузовой ватерлиніи. Отсюда явствуетъ, что положеніе центра тяжести на плоскости грузовой ватерлиніи есть самое выгоднѣйшее; ибо тогда вышеизложенныя неудобства не имѣютъ мѣста.

§ 110. Положимъ что отъ дѣйствія силы волны носъ корабля поднялся изъ воды на разстояніе Bb, (черт. 25) такъ что естественная грузовая ватерлинія пришла въ положеніе ab, наклонное къ горизонту, тогда

кормовая часть должна погрузиться на нѣкоторое разстояніе aA, и самый корабль совершитъ вращательное движеніе около горизонтальной оси, проходящей чрезъ пересѣченіе плоскости ватерлиніи ab съ горизонтомъ воды.

Если на сей же оси будетъ находиться центръ тяжести корабля, то очевидно, что оный не получитъ никакого движенія, а слѣдовательно не будетъ и вреда, который бы могъ произойти въ противномъ случаѣ.

Чтобы центръ тяжести находился на оси вращенія, проходящей чрезъ точку D, необходимо нужно, чтобы углубленіе кормы было пропорціонально возвышенію носа; т. е. корма должна погружаться въ воду съ тою же легкостію съ которою носъ поднимается. Но возвышеніе носа зависитъ отъ силы удара волны и отъ образованія самой оконечности носа; погруженіе кормы зависитъ также отъ удара волны и отъ образованія кормы, которое будетъ препятствовать тому погруженію. Итакъ центръ тяжести тогда только будетъ находиться на оси вращенія, когда сила волны, поднимающая носъ, будетъ равна силѣ, препятствующей погруженію кормы. Явно, что сіи силы тогда только будутъ равны, когда носъ и корма имѣютъ одинаковое образованіе, и центръ тяжести находится посрединѣ длины грузовой ватерлиніи.

Но когда оконечности судна не равнообразны, и, какъ обыкновенно бываетъ, корма у грузовой полнѣе носа, то очевидно, что сила, препятствующая погруженію кормы, будетъ болѣе силы волны поднимающей носъ, а потому прежде нежели точка b выйдетъ изъ воды на разстояніе Bb, корма, встрѣтивъ упоръ, погрузится на разстояніе Aa, меньшее Bb, такъ что грузовая ватерлинія будетъ bF, а

ось вращенія пройдетъ чрезъ точку G, находящуюся ближе къ кормѣ. Въ этомъ случаѣ центръ тяжести C возвысится надъ горизонтомъ воды на разстояніе CE.

§ 111. Подобнымъ образомъ (черт. 25) волна, подступившая къ кормѣ, подниметъ ее, а въ то же время носъ опустится. Полагая, какъ прежде, что корма полнѣе носа около грузовой ватерлиніи, видимъ, что сила препятствующая погруженію носа будетъ менѣе силы поднимающей корму, а потому носъ погрузится болѣе, нежели на сколько поднялась корма, и центръ вращенія G перейдетъ къ кормѣ, а центръ тяжести опустится ниже горизонта воды на разстояніе CH.

Положимъ, что судно отъ дѣйствія волнъ имѣетъ килевую качку. Тогда центръ тяжести корабля получитъ поступательное движеніе въ верьхъ и въ низъ, которое будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ корма около грузовой полнѣе носовой оконечности. Отсюда явствуетъ, что для уничтоженія поступательнаго движенія центра тяжести корабля въ верьхъ и въ низъ, нужно: *обводы носа и кормы около грузовой ватерлиніи дѣлать равнообразными, и центръ тяжести корабля помѣщать по срединѣ грузовой ватерлиніи.*

§ 112. Вредъ, происходящій отъ разнообразія оконечностей корабля, подтверждается самымъ опытомъ. Замѣчено, что когда судно, съ полною кормою погрузившись носомъ, начнетъ подниматься, тогда полнота кормы, препятствуя сей оконечности на столько же погрузиться, сообщаетъ центру тяжести столь быстрое движеніе къ верьху, что нерѣдко отъ того ломаются стеньги. И если случались когда либо подобныя несчастія, то почти всегда въ этотъ моментъ. Отсюда происходитъ правило: *Чтобы обводы*

шпангоутовъ въ носу и въ кормѣ составляли съ грузовою ватерлиніею, по возможности, равные углы, и чтобы обводъ палубной линіи гондека былъ равнообразенъ въ носу и въ кормѣ. Изъ сего также видѣть можно, сколь вредно увеличивать остроту кормовыхъ ватерлиній близь киля.

§ 113. До сихъ поръ мы говорили о килевой качкѣ, полагая что весь вѣсъ корабля соединенъ въ центрѣ его тяжести. Разсмотримъ теперь состояніе оконечностей корабля.

Волна, подступившая къ носу, сообщаетъ ему вращательное движеніе къ верьху. Въ семъ случаѣ судно должно имѣть возможность восходить на волну и легко повиноваться ея дѣйствію. Ибо если бы носъ, отъ дѣйствія подступившей волны, остался неподвиженъ, тогда сила удара, разслабляющая корабельные члены, была бы болѣе и сопротивленіе воды на корабль увеличилось бы.

Пусть BLM (черт. 24) представляетъ обводъ носа, LH перпендикулярная сила волны, дѣйствующая по направленію нормальной къ обводу. Сія сила разрѣшается на двѣ другія LJ и KL, изъ коихъ первая, дѣйствуя вертикально, стремится поднять носъ судна, а послѣдняя, будучи горизонтальною, представляетъ препятствіе его ходу.

Если уголъ BLK $= \alpha$, LH $=$ P, то LK $=$ P. Sin. α, и LJ $=$ P. Cos. α. Отъ уменьшенія угла α, сила DF будетъ увеличиваться, а LK уменьшаться; т. е. *сила, поднимающая оконечности судна на волны будетъ увеличиваться по мѣрѣ уменьшенія угловъ, составляемыхъ обводами батоксовъ съ горизонтомъ.*

§ 114. Восхожденію оконечностей на валы противодѣйствуетъ ихъ собственный вѣсъ. Волна, подступившая

съ носу, увеличитъ водоизмѣщеніе крайняго носоваго отсѣка, или самой носовой оконечности, отъ чего она станетъ подниматься и дѣйствіе поднимающей силы будетъ зависѣть отъ разности между вѣсомъ носовой оконечности и ея водоизмѣщеніемъ. Разсмотримъ дѣйствіе волны на самый крайній отсѣкъ. Вѣсъ его въ корабляхъ можетъ быть равенъ, или больше соотвѣтствующаго ему водоизмѣщенія. Въ первомъ случаѣ подступившая волна тотчасъ сообщитъ ему движеніе къ верьху, а во второмъ сначала сравняетъ водоизмѣщеніе отсѣка съ его вѣсомъ, а потомъ уже будетъ поднимать оный; слѣдовательно останется промежутокъ времени, въ который носъ корабля будетъ погруженъ въ волну выше грузовой ватерлиніи, отчего необходимо увеличится сопротивленіе воды, Итакъ чтобы судно на морѣ взволнованномъ не зарывалось, необходимо дѣлать водоизмѣщеніе послѣдняго носоваго отсѣка равнымъ его вѣсу. Для сей причины кромѣ необходимыхъ вещей, долженствующихъ быть въ носу, *должно располагать грузъ какъ можно ближе къ центру тяжести.*

§ 115. Разсмотримъ обстоятельства движенія судна на морѣ взволнованномъ.

Корабль, идущій на морѣ взволнованномъ, встрѣчаетъ сопротивленіе отъ ударовъ волнъ, которыя уменьшаютъ поступательную скорость и разслабляютъ составъ его. Горизонтальная сила волнъ дѣйствующихъ на носъ корабля, уничтожается поступательною скоростію, а вертикальная сила ихъ образуетъ впереди носа возвышеніе. При семъ могутъ быть два случая: 1) когда сіе возвышеніе будетъ выше грузовой ватерлиніи, и 2) когда оно толь-

ко доходитъ до естественной грузовой ватерлиніи. Въ первомъ случаѣ носъ корабля будетъ зарываться въ волнахъ, а во второмъ, восходя на волны, сохранитъ свою естественную грузовую ватерлинію. Очевидно, чѣмъ болѣе корабль зарывается, тѣмъ менѣе поступательная скорость его. Выше видѣли, что этотъ порокъ зависитъ отъ образованія оконечностей § 111 и отъ расположенія груза § 114, и потому, соблюдая правила изложенныя въ сихъ параграфахъ, мы можемъ много уменьшить вредное вліяніе волнъ на поступательную скорость корабля.

§ 116. Кромѣ того движеніе судна на морѣ взволнованномъ весьма много зависитъ отъ площади мидель-шпангоута. Если сія площадь будетъ весьма мала, (какъ то требуется для уменьшенія сопротивленія), то увеличится полнота оконечностей, отъ которой зависятъ удары, выносимые судномъ во время килевой качки: Наблюденія показали, что широкія суда, имѣющія довольно обширную площадь мидель-шпангоута, встрѣчаютъ гораздо менѣе неудобствъ на морѣ взволнованномъ, нежели суда узкія, при малой площади мидель-шпангоута. Также замѣчено, что приличное прибавленіе ширины судна весьма много способствуетъ къ увеличенію скорости корабля.

§ 117 Вредъ, происходящій отъ дѣйствія волнъ, весьма великъ въ большихъ корабляхъ, но особенно чувствителенъ въ судахъ малыхъ, ибо если возвышеніе волны у обоихъ одинаково, то сопротивленіе гораздо въ большемъ отношеніи увеличится въ маломъ суднѣ, нежели въ большомъ. И потому если корабль и малое судно въ спокойной водѣ имѣютъ равный ходъ, то на взволнованномъ морѣ послѣднее будетъ отставать особенно отъ недостатка способности восходить

на валы. Изъ сего видно, что всѣ правила, предписанныя для облегченія килевой качки, въ малыхъ судахъ должны быть соблюдаемы болѣе, нежели въ большихъ.

О БОКОВОЙ КАЧКѢ.

§ 118. Удары волнъ, дѣйствующіе съ одного боку и не проходящіе чрезъ центръ тяжести, наклоняютъ судно на другой бокъ; этому наклоненію противодѣйствуетъ остойчивость и возстановляетъ судно въ прямое положеніе. Такимъ образомъ, отъ поперемѣннаго дѣйствія волнъ на обѣ стороны судна, происходитъ колебаніе съ боку на бокъ, называемое *боковая качка.*

Наклоненія судна, производимыя ударами волнъ, могутъ быть періодическія или поперемѣнныя. Волна, подѣйствовавшая единожды, не можетъ доставить вращательнаго движенія столь огромной массѣ, каковъ корабль. Вращательное возвратное движеніе корабля можетъ происходить отъ совокупнаго дѣйствія нѣсколькихъ ударовъ. Боковая качка зависитъ, какъ отъ силы каждаго удара, такъ и отъ промежутка времени между двумя послѣдовательными ударами. Самые удары могутъ быть вовсе неправильны, или имѣть періодическую правильность, т. е. дѣйствовать въ равные промежутки времени. Въ первомъ случаѣ они не могутъ произвести сильной боковой качки, потому что одни другими уничтожаются. Итакъ предположимъ что удары правильны и дѣйствуютъ одновременно съ естественнымъ качаніемъ, т. е. что на судно, наклоненное волною, дѣйствіе другой волны начнется тогда, когда оно возстановится въ пря-

мое положеніе. Такой законъ дѣйствія волнъ можетъ быть, какъ замѣтили выше, въ моряхъ глубокихъ и обширныхъ.

§ 119 Въ боковой, равно какъ и въ килевой качкѣ, всѣ поступательныя движенія центра тяжести производятъ удары и потрясенія въ составѣ судна и въ особенности въ рангоутѣ. По сей причинѣ прежде всего должно стараться принять въ соображеніе всѣ обстоятельства, отъ коихъ зависятъ поступательныя движенія центра тяжести. На положеніе центра тяжести въ боковой качкѣ имѣетъ большое вліяніе образованіе шпангоутовъ около грузовой ватерлиніи. Нужно чтобъ *они простирались равнообразно выше и ниже грузовой ватерлиніи до наибольшаго угла наклоненія*; въ противномъ случаѣ, отъ вращательнаго движенія съ боку на бокъ, центръ тяжести судна будетъ двигаться въ верьхъ и въ низъ.

§ 120. Слишкомъ скорая и весьма медленная боковая качка равно вредны. Первая происходитъ отъ излишней остойчивости, а вторая отъ недостатка оной. Кромѣ того медленность и скорость боковой качки зависятъ отъ положенія центра тяжсти. Если оный находится (черт. 26.) выше грузовой ватерлиніи, напрм. въ точкѣ G, то производная сила тяжести, проходящая по направленію GK, будетъ способствовать кренящей силѣ увеличивать наклоненія, отъ чего качанія будутъ медленны, и центръ тяжести судна получитъ попеременныя движенія въ верхъ и въ низъ, которыя, кромѣ медленности, содѣлаютъ боковую качку безпокойною и опасною.

Когда тотъ же центръ находится въ точкѣ H, ниже грузовой ватерлиніи, то сила тяжести, вращая судно въ сторону противную дѣйствію волнъ, воспрепятствуетъ нак-

лоненіямъ, и качка будетъ порывистая, быстрая.

Изъ сего видно, что *лучшее положеніе центра тяжести тогда, когда онъ находится въ плоскости грузовой ватерлиніи.*

§. 121. Когда судно лежитъ въ бейдевиндъ, тогда оно находится въ наклонномъ положеніи. Волна, подступившая съ подвѣтренной стороны; силится поставить судно прямо; сему воспрепятствуетъ боковая сила вѣтра на паруса, и потому большаго наклоненія быть не можетъ. Напротивъ того дѣйствіе навѣтренныхъ волнъ способствуя боковой силѣ вѣтра, крепитъ судно. Изъ сего видно, что при ходѣ въ бейдевиндъ не можетъ быть сильной боковой качки.

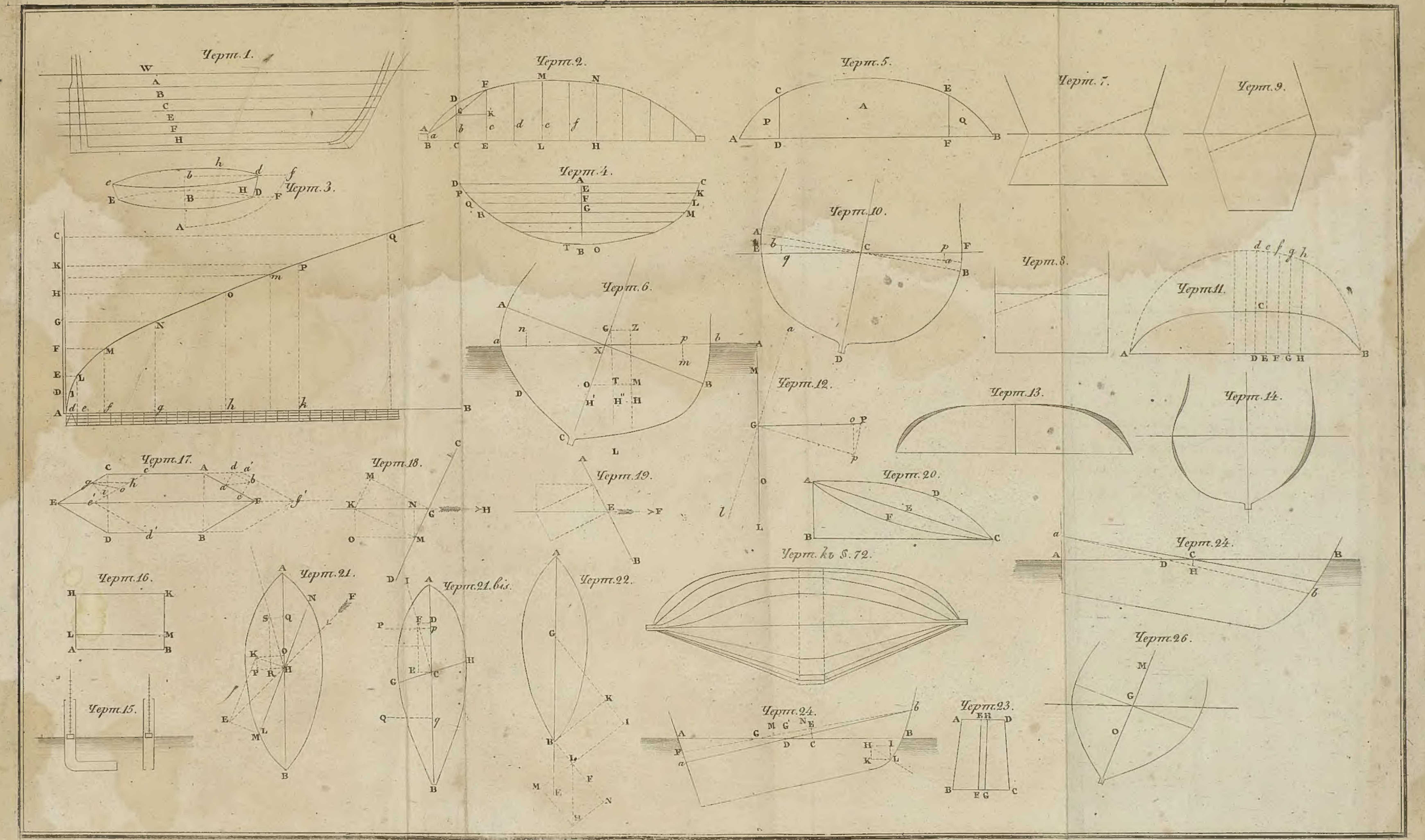
Но если корабль идетъ на фордевиндъ, то паруса не могутъ противодѣйствовать ударамъ волнъ, и тогда боковая качка имѣетъ всю свою стремительность и жестокость. Нѣкоторые корабли въ это время, наклоняясь съ одного борта на другой, погружаютъ иногда бокъ свой до высоты второй батареи, и эти движенія бываютъ столь жестоки, что мачты находятся во всегдашней опасности. Главнѣйшею причиною сихъ опасныхъ движеній можетъ быть недостатокъ остойчивости, и излишнее возвышеніе центра тяжести. Напротивъ того при излишней остойчивости боковая качка будетъ быстрая и порывистая. Но впрочемъ, не уменьшая остойчивости, можно облегчить боковую качку. Сему много способствуетъ уклонъ топтимберсовъ, который нужно повозможности уменьшать; чрезъ это остойчивость не уменьшится, а пушки отодвинутся отъ діаметральной плоскости далѣе и будутъ способствовать къ облегченію боковой качки.

§. 122. Расположеніе корабельнаго груза имѣетъ еще бóльшее вліяніе на боковую качку. Если корабль имѣетъ надлежащую остойчивость, то должно располагать грузъ какъ можно далѣе отъ діаметральной плоскости и ближе къ стѣнамъ. Напротивъ того, при недостаткѣ остойчивости, должно располагать грузъ какъ можно ниже, но всегда ближе къ бокамъ и далѣе отъ діаметральной плоскости.

Сими правилами надлежитъ руководствоваться при нагрузкѣ транспортовъ, относительно расположенія тяжелыхъ и легкихъ вещей, составляющихъ данный грузъ, и никогда не должно выпускать изъ виду положенія центра тяжести.

§. 123. Согласное образованіе поверхности судна имѣетъ также вліяніе на боковую качку. Образовывая шпангоуты, должно избѣгать большихъ скулъ, крутыхъ перегибовъ и. т. п. ибо все ето затрудняетъ боковую качку. Подобный же вредъ причиняютъ углы остающіеся отъ нижняго бархоута и другія несогласія въ поверхности наружной обшивки.

КОНЕЦЪ.


Черт. 1.
Черт. 2.
Черт. 3.
Черт. 4.
Черт. 5.
Черт. 6.
Черт. 7.
Черт. 8.
Черт. 9.
Черт. 10.
Черт. 11.
Черт. 12.
Черт. 13.
Черт. 14.
Черт. 15.
Черт. 16.
Черт. 17.
Черт. 18.
Черт. 19.
Черт. 20.
Черт. 21.
Черт. 21. bis.
Черт. 22.
Черт. 23.
Черт. 24.
Черт. къ §. 72.
Черт. 26.


2007059960